PC Games SONDERHEFT Hardware

Nvidia Geforce RTX 2080 und RTX 2080 Ti: Kaufen oder nicht?

PC tunen, neu bauen oder aufrüsten?

PC 2019

1. PC-Beratung 44 Seiten

2. PC-Tuning 16 Seiten

3. PC-Wissen 12 Seiten

Fünf Beispiel-Konfigurationen

Der perfekte PC für jedes Budget

Gutes wird noch besser

Ruckeln, Lärm und Hitze ade!

Hard- und Software-Trends: Raytracing, HDR & Co.

Die Zukunft ist schön

€ 6,99
Ausgabe 03/2018
Österreich € 8,00 | Schweiz sfr 13,00 |
Holland/Belgien/Luxemburg € 8,30

4 195756 806993 03

ZOTAC GAMING

NVIDIA GEFORCE RTX

DIE NEUE GEFORCE® RTX 20 SERIE

Die neue Generation ZOTAC GAMING GeForce® Grafikkarten ist da. Basierend auf der neuen NVIDIA Turing-Architektur ist sie vollgepackt mit noch mehr Kernen und komplett neuem GDDR6-Speicher. Mach dich bereit für intelligentere und optimiertere Technologie, um schneller und stärker zu zocken, wie niemals zuvor.

GEFORCE® RTX 2080 Ti AMP

- NVIDIA GeForce® RTX 2080 Ti GPU
- 4.352 CUDA Cores 352-bit
- 11 GB GDDR6
- 1.665 (Boost)
- 14.000 MHz Speichertakt
- 3x DP 1.4, 1x HDMI 2.0b, 1x USB Type-C

GEFORCE® RTX 2080 Ti TRIPLE FAN

- NVIDIA GeForce® RTX 2080 Ti GPU
- 4.352 CUDA Cores 352-bit
- 11 GB GDDR6
- 1.605 MHz (Boost)
- 14.000 MHz Speichertakt
- 3x DP 1.4, 1x HDMI 2.0b, 1x USB Type-C

GEFORCE® RTX 2080 AMP

- NVIDIA GeForce® RTX 2080 GPU
- 2.944 CUDA Cores 256-bit
- 8 GB GDDR6
- 1.830 MHz (Boost)
- 14.000 MHz Speichertakt
- 3x DP 1.4, 1x HDMI 2.0b, 1x USB Type-C

GEFORCE® RTX 2080 BLOWER

- NVIDIA GeForce® RTX 2080 GPU
- 2.994 CUDA Cores 256-bit
- 8 GB GDDR6
- 1.710 MHz (Boost)
- 14.000 MHz Memory
- 3x DP 1.4, 1x HDMI 2.0b, 1x USB Type-C

/ZOTAC /ZOTAC /ZOTAC /ZOTACOFFICIAL /ZOTAC_OFFICIAL

©2018 ZOTAC Technology Ltd. All rights reserved. All company and/or product names may be trade names, trademarks and/or registered trademarks of the respective owners with which they are associated. ZOTAC Technology Ltd. does not warrant the accuracy, completeness or reliability of information, materials and other items contained on this print, image, website, or server. No liability is assumed with respect to the use of the information contained herein.

ZOTAC.COM

Editorial

Die Tage werden kürzer, die Spiele-Abende länger: Zeit, den Rechner auf Vordermann zu bringen. Wir helfen Ihnen gerne dabei.

Der Sommer war lang und heiß. Doch nun können wir wieder aufatmen und unserem Lieblingshobby frönen: dem PC-Gaming. Die alljährlichen Herbst-Blockbuster stehen vor der Tür und schicken sich an, uns mit noch besserer Grafik zu verzücken. Doch sind Sie sicher, dass Ihr PC Battlefield 5, Call of Duty Black Ops 4, Shadow of the Tomb Raider oder Assassin's Creed Odyssey stemmt? Egal ob Sie Ihrem bestehenden Rechenknecht Beine machen oder einen ganz neuen PC zusammenstellen möchten, dieses Sonderheft ist das, was Sie brauchen!

Die Zukunft schon heute

2018 war aus Hardware-Sicht das spannendste Jahr seit Langem. Nicht nur haben 32-Kern-Prozessoren den Weg auf den Markt gefunden, mit Nvidias brandneuer Geforce-RTX-Reihe findet außerdem ein Umbruch bei der Echtzeitgrafik statt – Raytracing ist das Schlagwort. Wir widmen diesem wichtigen Thema daher einige Seiten, neben weiteren Trends wie HDR-Darstellung und WQHD-Gaming mit 144 Hertz Bildwiederholrate.

Großer Praxisteil: Das bringt Aufrüsten

Die enorme Konfigurierbarkeit des PCs macht es gar nicht so einfach, den Bremsklotz im eigenen System zu finden. Egal ob Prozessor, Grafikkarte oder Speicher, wir zeigen Ihnen, wie Sie den Hemmschuh Ihres Rechners erkennen und beseitigen. Neben unzähligen Messwerten finden Sie konkrete Aufrüstbeispiele in diesem Heft – beispielsweise, was der Wechsel der Grafikkarte bei gleicher CPU in Playerunknown's Battlegrounds bringt.

Für jeden Einsatzzweck der richtige PC

Den einen PC gibt es nicht – abhängig von Ihrem Budget und dem geplanten Einsatzzweck sollte die Zusammenstellung weise gewählt werden. Wir präsentieren Ihnen daher nicht nur empfehlenswerte Einzelkomponenten, sondern stellen darüber hinaus fünf Beispiel-PCs zusammen. Die Redaktion der PC Games Hardware wünscht viel Vergnügen und gutes Gelingen beim Spielen und Schrauben!

Raffael Vötter
Leitender Redakteur
PC Games Hardware

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

PC Games Hardware – Das Hardware-Magazin für PC-Spieler

CMG Computec Media Group

Ein Unternehmen der Marquard Media Group AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
leserpost@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Hans Ippisch (Vorsitzender), Rainer Rosenbusch

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Alexandros Bikoulis (ab), Manuel Christa (mc), Daniel Hoffmann (dh), Philipp Reuther (pr), Frank Stöwer (fs), Willi Tiefel (wt), Torsten Vogel (tv), Stephan Wilke (sw), Mark Mantel (mm)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Sonja Falk
Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, ab, al, mc, mm, pr, fs, wt, tv, rv, dw, sw, fp, hs
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware
DVD-Produktion Thomas Dziewiszek

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Martin Closmann (Ltg.), Uwe Hönig

www.pcgameshardware.de

Head of Online Christian Müller
Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link (Ltg.), Mark Mantel, Manuel Christa, Alexandros Bikoulis, Philipp Reuther, Frank Stöwer, Willi Tiefel, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora, David Turkadze
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de

Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 31 (01/2018)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistender Unternehmer.

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland
Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 48,00 (€ 56,00 Österreich, € 60,00 Ausland), DVD € 62,- (€ 70,00 Österreich, € 74,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Am Sandtorkai 74, 20457 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: LSC Communications Europe, ul. Obr. Modlina 11, 30-733 Krakau, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

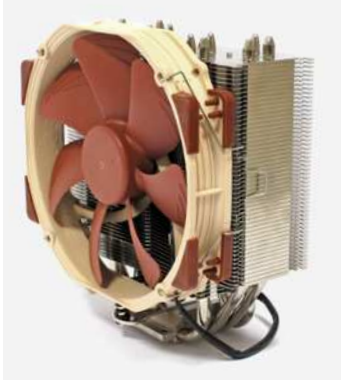
MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel:
PC GAMES, PC GAMES HARDWARE, PC GAMES MMORE, PLAY 4, N-ZONE, GAMES AKTUELL, SFT, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASY LINUX, RASPBERRY PI GEEK, WIDESCREEN, MAKING GAMES

Polen:
COSMOPOLITAN, HARPER'S BAZAAR, JOY, HOT MODA, SHAPE, ESQUIRE, PLAYBOY, CKM, JAMI

Ungarn:
JOY, ÉVA, INSTYLE, SHAPE, MEN'S HEALTH, RUNNER'S WORLD, PLAYBOY, APA

ab S. 44



Bauvorschläge: PCs für jeden Zweck und jedes Budget

Natürlich könnten Sie einfach 5.000 Euro investieren und hoffen, das Beste zu bekommen. Tatsächlich führen die teuersten Komponenten nicht automatisch zur Glückseligkeit – der Einsatzzweck bestimmt, welche Hardware optimal ist. Wir präsentieren Ihnen fünf PCs, vom Einsteiger-Rechner bis zum Videoschnitt-Boliden.

ab S. 6

Aufrüsten: GPU, CPU, LCD

Es ruckelt? Kein Problem, in diesem Heft haben wir zahlreiche Messreihen anschaulich aufbereitet, damit Sie abschätzen können, welche Komponente Ihre Lieblingsspiele ausbremst.

ab S. 70

Luxus: Raytracing, HDR & Co.

High Dynamic Range, Raytracing und WQHD mit 144 Hz: Das sind die heißesten Trends des Jahres. Wir verraten, ob Sie diese Features brauchen oder nicht.

Heftinhalt

Kaufberatung

Prozessoren ... 6
Grafikkarten ... 14
Monitore (WQHD mit 144 Hz) ... 24
Beispielkonfiguration #1: Einsteiger-PC ... 44
Beispielkonfiguration #2: Mittelklasse-PC ... 48
Beispielkonfiguration #3: High-End-PC ... 52
Beispielkonfiguration #4: Render-PC ... 56
Beispielkonfiguration #5: Mini-Gaming-PC ... 60

Praxis & Info

Das bringt Aufrüsten ... 32
Einfluss von Staubfiltern getestet ... 64
High Dynamic Range (HDR) im Praxiseinsatz ... 70
Raytracing vs. Rasterisierung: Infos & Praxistest ... 76

Service

Editorial & Impressum ... 3
Inhaltsverzeichnis ... 4

Alpenföhn®

mehr Informationen

BROCKEN 3

MULTI-SOCKET CPU COOLER

DIE 3. GENERATION UNSERES ERFOLGSKÜHLERS

- > Asymmetrischer Tower-Kühler
- > Enorm leistungsfähiger Wing Boost 3 140-mm-Lüfter
- > Bis zu 220W TDP
- > RockMount-Montagesystem ermöglicht unkompliziertere Installation auf fast allen CPU-Sockeln

10/2017

TOP-PRODUKT

EKL

Alpenföhn Brocken 3

PC Games Hardware

DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

FAZIT PCGH

„Zusammengefasst lässt sich sagen, dass EKL einen sehr guten Kühler gebaut hat, laut PCGH-Wertungssystem sogar den besten überhaupt.“

www.alpenfoehn.de

Qual der Wahl: CPUs

Das aktuelle Jahr ist wunderbar für Neukäufer und Aufrüster von Prozessoren. AMD hat seine einstige Schwäche mit Ryzen überwunden und Intel-CPUs, stark wie immer, sind inzwischen günstiger.

Die Wahl des Prozessors ist für viele Käufer heutzutage quasi eine neue Glaubensfrage: Wählt man AMD oder Intel? Grund dafür sind die unterschiedlichen Images der Firmen in der Öffentlichkeit, welche sich über die Jahre gefestigt haben. AMD als der große Kumpel, der stetig sein Bestes gibt und es nie ganz schafft. Intel als perfektionistischer Riesenkonzern, der einfach alles mit Geld und hoher Leistung (er)schlägt.

Das gilt zwar immer noch, aber die beiden Firmen haben sich – im guten Sinne – aneinander genähert. AMD ist mit der Zen-Architektur wieder konkurrenzfähig zu Intel geworden und hat sein Portfolio deutlich besser differenziert. Es gibt die Enthusiasten-Modelle Threadripper, die Desktop-Modelle Ryzen und sogar die etwas spezielleren Raven-Ridge-Modelle. Die neue Zen-Architektur hat Intel nach vielen Jahren Herrschaftsstellung auf dem Markt endlich zum Reagieren gezwungen. Die Preise der CPUs wurden an AMD angepasst und somit gesenkt, zudem ist Intel jetzt hinterher, nicht nur die Leistung in jeder neuen Generation zu erhöhen, sondern besser auf die Wünsche seiner Kunden zu hören. Für den Kunden ergibt das insgesamt ein sehr gutes Szenario: AMDs Prozessoren sind in der Zen-Architektur (inzwischen sogar Zen+) richtig gut geworden und meistens Preis-Leistungs-Sieger. Wer jedoch mehr Leistung – vor allem im Gaming-Bereich – haben will, setzt auf Intels High-End-Modelle.

Das Fundament wählen

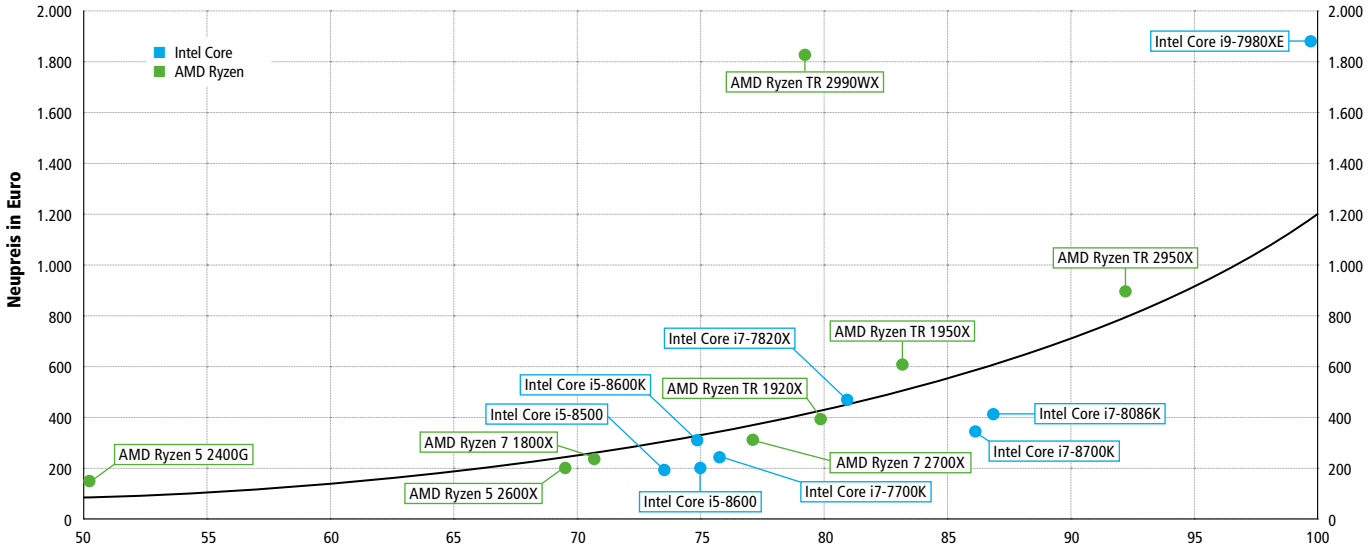
Mit dem Prozessor geht die Entscheidung für eine bestimmte Plattform einher. Von älteren Plattformen raten wir beim Neukauf ab: Auch wenn beispielsweise ein Core i7-6700K leistungsmäßig noch gut mit einem neueren 8700K mithält, investiert man in veraltete Technik. Hier muss dann auf Nettigkeiten wie per schnellen PCI-Express 3.0 angebundene M.2-SSDs oder aktuellen DDR4-Speicher mit hohen Taktraten verzichtet werden. In diesem Artikel klären wir, welche Prozessoren sich für welchen Einsatzzweck lohnen, wobei der Fokus im Bereich Gaming liegt.

Die richtige Gaming-CPU

Sofern Ihr Budget es erlaubt, raten wir Ihnen zum Genießen moderner Spiele-Titel mindestens zu einem flotten Vierkerner. So viel Luxus sollten Sie sich gönnen! Einzelne Titel, speziell aus dem Indie-Bereich, kommen zwar noch gut mit zwei Kernen ohne Simultaneous Multithreading (SMT) aus, andere Spiele allerdings starten erst bei vier Hardware-Threads. Allerdings setzt eine zunehmende Anzahl an Spielen auf mehr als vier Kerne und läuft auf einem Ryzen 5 oder Core i7 flotter als auf einem SMT-losen Core i5 und erst recht als auf einer Dualcore-CPU.

Ein Beispiel für vorausschauende Multithread-Programmierung ist Crysis 3 aus dem Jahr 2013. Aber auch das beliebte The Witcher 3 von 2015 läuft auf vielkernigen Ryzen-CPUs flotter als auf Intel-

Preis-Leistungs-Verhältnis: AMD- und Intel-Prozessoren in der Übersicht



Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
Intel Core i5-8500 (3,0+ GHz – 6c/6t)	**100,0%**	100,0%	93,8%	73,6%	195
AMD Ryzen 5 2400G (3,6+ GHz – 4c/8t)	**92,8%**	89,5%	91,9%	50,0%	145
Intel Core i5-8600 (3,1+ GHz – 6c/6t)	**92,7%**	91,9%	88,2%	75,0%	215
AMD Ryzen 5 2600X (3,6+ GHz – 6c/12t)	**91,5%**	82,4%	99,7%	69,5%	210
AMD Ryzen 7 1800X (3,6+ GHz – 8c/16t)	**84,0%**	69,9%	100,0%	70,7%	240
Intel Core i5-8600K (3,6+ GHz – 6c/6t)	**80,4%**	80,1%	76,0%	75,8%	250
AMD Ryzen 7 2700X (3,7+ GHz – 8c/16t)	**69,8%**	58,0%	83,1%	77,0%	315
Intel Core i7-8700K (3,7+ GHz – 6c/12t)	**67,3%**	62,4%	70,4%	86,1%	350

Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Anwendungs-index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
Intel Core i7-7700K (4,2+ GHz – 4c/8t)	**63,7%**	64,5%	58,6%	74,9%	310
AMD Ryzen TR 1920X (3,5+ GHz – 12c/24t)	**61,2%**	41,5%	87,0%	79,8%	400
Intel Core i7-8086K (4,0+ GHz – 6c/12t)	**57,3%**	52,9%	60,2%	86,8%	415
Intel Core i7-7820X (3,6+ GHz – 8c/16t)	**49,5%**	40,3%	60,3%	80,9%	470
AMD Ryzen TR 1950X (3,4+ GHz – 16c/32t)	**43,1%**	26,6%	65,1%	83,2%	610
AMD Ryzen TR 2950X (3,5+ GHz – 16c/32t)	**32,4%**	20,0%	49,0%	92,2%	900
Intel Core i9-7980XE (2,6+ GHz – 18c/36t)	**16,8%**	10,3%	25,6%	100,0%	1880
AMD Ryzen TR 2990WX (3,0+ GHz – 32c/64t)	**14,6%**	7,2%	24,7%	79,22%	1830

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Exponentielle Trendlinie.

Quads ohne SMT und so langsam skalieren auch Spielewelten jenseits von sechs Prozessorkernen. Assassin's Creed Origins und Star Wars Battlefront 2 sind prominente Beispiele, mit ihren Multithreading-Fähigkeiten aber noch relativ allein. Das wird sich im Laufe des Jahres ändern. Ein Prozessor ist eine langfristige Investition, sodass Sie im Zweifel eher zu mehr Kernen greifen sollten. Wer für die Zukunft gerüstet sein möchte, befolgt unseren Rat und investiert in einen Sechskerner. Idealerweise unterstützt dieser Simultaneous Multithreading, wie der Core i7-8700(K) oder der R5-1600(X)/-2600(X). Zur Not und bei einem geringen Budget, tut es derzeit auch noch ein Quadcore. Durch die niedrigere Kernzahl ist SMT hier etwas hilfreicher. Jedoch ist der preisliche Abstand zwischen R5-1500(X) oder -2400G und dem sechskernigen R5-1600 gering. Im Bereich um 100 Euro gibt es auch von AMD keine SMT-Quads, sodass hier der Core i3-8100 mit seiner höheren Pro-MHz-Leistung gegenüber dem Ryzen 3 punkten kann. Prozessoren ab acht Kernen bringen speziell in Spielen wenig Extra-Leistung, allerdings kosten sie speziell im Falle von AMDs Ryzen 7 auch keine Unsummen mehr, Sie machen also mit einem solchen Modell nichts falsch und profitieren in Sachen Zukunftssicherheit.

Wenn Sie des Öfteren leistungshungrige Anwendungen wie Videoschnitt oder -transcoding oder 3D-Rendering nutzen, lohnt sich der Griff zu einem Ryzen 7 2700(X) definitiv. Intels Gegenstück, der Core i7-7820X, kostet immer noch fast 500 Euro und fällt daher für die meisten Anwender aus dem Budget. Spielt Geld keine Rolle, bietet AMD derzeit maximal 32 Kerne in Form des rund 1.800 Euro teuren Ryzen Threadripper 2990WX. Er findet auf TR4-Boards ab circa 280 Euro Platz. Bei Intel kosten 16 Kerne beim Core i9-7960X bereits über 1.370 Euro. Dass die nötigen X299-Boards rund 100 Euro günstiger als die TR4-Modelle sind, fällt da schon fast nicht mehr auf. Das obere Ende der Fahnenstange markiert der Core i9-7980XE mit 18 Kernen und 36 Threads für 1.880 Euro.

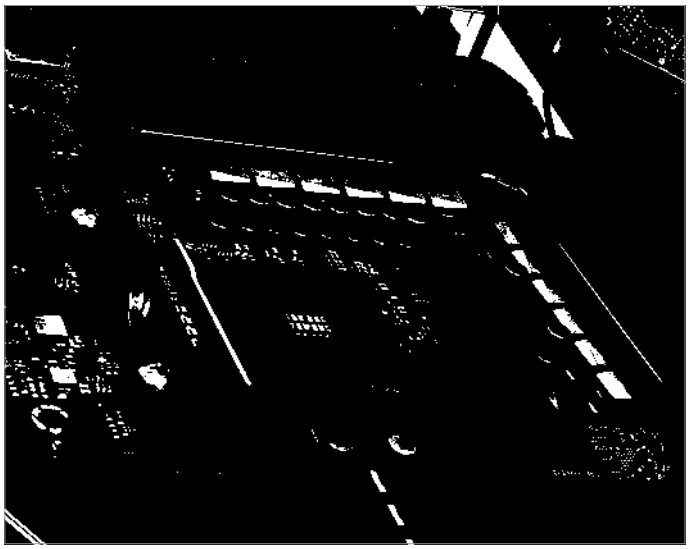
Chiphersteller Intel 2018

Intels Coffee-Lake-S-Reihe ist in 2018 bereits etabliert und nahezu vollständig. Dabei gibt es deutlich mehr „Zwischenschritte" bei den CPUs, was die Auswahl deutlich flexibler gestaltet. Es fehlt nur noch die 9000er-Reihe mit acht Kernen. Intels Einsteiger- und Mittelklasse passt auf den Sockel 1151 v2 und ist zu Preisen zwischen rund 100 und 350 Euro erhältlich. Bei einem knappen Geldbeutel empfiehlt sich der Core i3-8100 (4 Kerne/4 Threads) ab ca. 110 Euro. Der aktuelle Preis-Leistungs-Hit bei Intel ist Intel ist der Core i5-8600 (6 Kerne/6 Threads) ab ca. 215 Euro. Spielern empfehlen wir den Core i7-8700K (6 Kerne/12 Threads) ab ca. 350 Euro, Enthusiasten mit Drang nach mehr den Core i9-7980XE (18 Kerne/36 Threads) ab ca. 1.880 Euro. Für Spielerbelange brauchbare Modelle beginnen beim Zweikerner Pentium G4560, der mit seinen 3,5 GHz dank SMT immerhin bis zu vier Threads bereitstellt und damit im Gegensatz zum Schwestermodell G4400 noch alle Spiele ausführen kann. Wirklich sinnvoll ist die Investition in einen Zweikerner nicht mehr, denn nach der Ryzen-Einführung haben Vierkern-Chips auch das Einsteigersegment erobert. Bei Intel erfordert beinahe jede neue CPU-Generation ein neues Mainboard. Kaby-Lake-CPUs laufen als „Takt-Upgrade" von Skylake mit passendem UEFI allerdings noch in Boards der 100-Serie. Die aktuellen Coffee-Lake-CPUs der 8000er-Reihe jedoch erfordern Platinen mit 300er-I/O-Hub.

Übertakter wählen Mainboards mit dem in der Regel kräftig gekühlten Z370, Nutzer mit gemäßigten Ansprüchen ohne Overclocking-Ambitionen greifen zum B360.

Chiphersteller AMD 2018

AMD hat 2017 die Zen-Architektur eingeführt und damit einen großen Erfolg gefeiert. In diesem Jahr erschien die überarbeitete Zen+-Architektur. Sie funktioniert weiterhin mit den bisherigen Sockeln AM4 und bietet derzeit sechs Desktop-Ryzen- und zwei Threadripper-CPUs. Zwar fehlen noch Zwischenschritte im aktuellen CPU-Sortiment, diese



Aktuelle AMD-CPUs benötigen den Sockel AM4. Mainboards mit diesem Sockel sind zudem abwärtskompatibel zur ersten Ryzen-Generation.

Der Intel Core i7-7820X ist der aktuell einzige Achtkerner von Intel und basiert noch auf einer veralteten Architektur. AMDs Ryzen 7 2700(X) ist hier die günstigere Wahl.

Aktuelle Intel-CPUs verwenden den Sockel 1151 v2. Ein beliebtes Mainboard ist hier das Asus ROG STRIX Z370-F GAMING.

AMDs Ryzen Threadripper 2990WX ist mit seinen vielen Kernen und Threads für Enthusiasten und Content Creators (Videoschnitt etc.) ausgelegt.

Das MSI X299 Gaming Pro Carbon X299 ist eine beliebte Wahl bei Intel-Core-X-Prozessoren für den High-End-Sockel 2066.

Das Asus ROG Zenith Extreme X399 ist eine beliebte Wahl für Threadripper-Modelle der ersten und zweiten Generation.

sollten aber im Laufe des Jahres folgen. Zen+ stellt die modernste AMD-Plattform mit DDR4-Speicher, nativem USB 3.1, PCI-E-3.0-Steckplätzen für Grafikkarten wie auch schnelle M.2-SSDs dar. Der Hersteller sieht vor, dass entsprechende Prozessoren mit dem ebenfalls neuen Platform-Controller-Hub (PCH) X470 verwendet werden. Spätestens nach einem UEFI-Update laufen Ryzen-2000-Prozessoren aber auch mit einem X370- oder B350-Board aus dem Jahr 2017 – nur bei einigen OC- und Boost-Funktionen müssen Sie geringfügige Einschränkungen in Kauf nehmen, die sich jedoch keinesfalls auf die gefühlte Leistung auswirken. Diesen Sommer erschien außerdem der B450-I/O-Hub als Erbe des B350. Dieser kostenoptimierte I/O-Hub lohnt sich vor allem für Anwender, die einen Vier- oder Sechskern-Ryzen verwenden und zu keiner Zeit übertakten möchten. Für diese Zwecke genügt prinzipiell auch der gereifte B350. Sprach beim Neukauf eines Spiele-PCs früher hauptsächlich ein knappes Budget für eine AMD-CPU, ist die Sachlage heute anders: Inzwischen findet sich eine passende CPU in jeder Leistungskategorie. Sparfüchse greifen aktuell zum Ryzen 3-2200G (4 Kerne/4 Threads) oder Ryzen 5-2400G (4 Kerne/8 Threads), welche sogar eine integrierte Vega-Grafikeinheit besitzen. Der Ryzen 5 2600 (6 Kerne/12 Threads) ist der aktuelle Preis-Leistungs-Hit bei AMD ab ca. 160 Euro. Für Gamer empfiehlt sich der Ryzen 7 2700X (8 Kerne/16 Threads) ab ca. 315 Euro. Für Enthusiasten und Content-Creator ist der Ryzen TR 2950X (16 Kerne/32 Threads) ab ca. 900 Euro die derzeit beste Wahl. Die erste Zen-Generation befindet sich derzeit im Abverkauf und bietet sich als günstige Alternativlösung an. AMD-Prozessoren liefern heutzutage in jeder Situation eine hohe Leistung. Das gilt vor allem dann, wenn Sie in hohen Auflösungen wie 2.560 × 1.440 oder höher mit maximaler Detailstufe spielen – dort bestimmt in erster Linie die Grafikkarte die erreichbare Bildrate. Starke Intel-CPUs wie der Core i7-8700K sind beim High-Fps-Gaming in niedrigeren Auflösungen jedoch nach wie vor im Vorteil, etwa wenn ein 144-Hz-Display entsprechend befeuert werden soll. Die alten AMD-Plattformen AM3(+) und FM2(+) für besonders günstige CPUs wie den Athlon X4 845 sollten Sie meiden, da hier keine neuen Prozessoren mehr erscheinen, das Feature-Paket veraltet ist und Sie somit in einer Aufrüstsackgasse enden würden. Gleiches gilt für Intels Sockel 1150 und 1366. *(dh)*

Fazit

Ein gutes Jahr für Prozessoren

War AMD in den letzten Jahren noch etwas abgeschlagen und Intel alleiniger Herrscher, so hat sich seit 2017 viel geändert. Dieses Jahr ist der Kampf der beiden Hersteller im vollen Gange und bringt dabei Vorteile für den Kunden: Die Preise sinken, der Markt bewegt sich endlich und beide Firmen buhlen um die Gunst des Käufers. Am Ende bleibt nur die alte Frage: AMD oder Intel? Sie entscheiden.

Aufrüstmatrix Anwendungen

System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti iCX Gaming @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal ■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

	Intel Core i9-7980XE (2,6 GHz – 18c/36t)	AMD Ryzen TR 2990 WX (3,0 GHz – 32c/64t)	AMD Ryzen TR 2950X (3,5 GHz – 16c/32t)	AMD Ryzen TR 1950X (3,4 GHz – 16c/32t)	AMD Ryzen TR 1920X (3,5 GHz – 12c/24t)	Intel Core i7-7820X (3,6 GHz – 8c/16t)	AMD Ryzen 7 2700X (3,7 GHz – 8c/16t)	Intel Core i7-8086K (4,0 GHz – 6c/12t)	Intel Core i7-8700K (3,7 GHz – 6c/12t)	AMD Ryzen 7 1800X (3,6 GHz – 8c/16t)	AMD Ryzen 5 2600X (3,6 GHz – 6c/12t)	Intel Core i5-8600K (3,6 GHz – 6c/6t)	Intel Core i5-8600 (3,1 GHz – 6c/6t)	Intel Core i5-8500 (3,0 GHz – 6c/6t)	Intel Core i7-7700K (4,2 GHz – 4c/8t)	AMD Ryzen 5 2400G (3,6 GHz – 4c/8t)
Intel Core i9-7980XE	±0 %	-6,0 %	-8,3 %	-17,4 %	-27,6 %	-41,0 %	-45,5 %	-48,0 %	-48,8 %	-50,1 %	-56,5 %	-60,5 %	-60,5 %	-62,0 %	-62,3 %	-72,3 %
AMD Ryzen TR 2990WX	+6,4 %	±0 %	-2,5 %	-12,2 %	-23,0 %	-37,3 %	-42,1 %	-44,7 %	-45,5 %	-46,9 %	-53,7 %	-58,0 %	-58,0 %	-59,5 %	-59,9 %	-70,5 %
AMD Ryzen TR 2950X	+9,1 %	+2,6 %	±0 %	-9,9 %	-21,0 %	-35,7 %	-40,6 %	-43,3 %	-44,1 %	-45,6 %	-52,5 %	-56,9 %	-57,0 %	-58,5 %	-58,8 %	-69,8 %
AMD Ryzen TR 1950X	+21,1 %	+13,8 %	+11,0 %	±0 %	-12,4 %	-28,6 %	-34,1 %	-37,1 %	-38,0 %	-39,6 %	-47,3 %	-52,1 %	-52,2 %	-53,9 %	-54,3 %	-66,5 %
AMD Ryzen TR 1920X	+38,2 %	+29,9 %	+26,7 %	+14,1 %	±0 %	-18,5 %	-24,8 %	-28,2 %	-29,2 %	-31,0 %	-39,9 %	-45,4 %	-45,5 %	-47,4 %	-47,8 %	-61,7 %
Intel Core i7-7820X	+69,5 %	+59,4 %	+55,4 %	+40,0 %	+22,7 %	±0 %	-7,7 %	-11,9 %	-13,2 %	-15,4 %	-26,2 %	-33,0 %	-33,1 %	-35,5 %	-36,0 %	-53,0 %
AMD Ryzen 7 2700X	+83,6 %	+72,6 %	+68,3 %	+51,7 %	+32,9 %	+8,3 %	±0 %	-4,6 %	-5,9 %	-8,3 %	-20,1 %	-27,4 %	-27,6 %	-30,1 %	-30,7 %	-49,1 %
Intel Core i7-8086K	+92,4 %	+80,9 %	+76,4 %	+58,9 %	+39,3 %	+13,5 %	+4,8 %	±0 %	-1,4 %	-4,0 %	-16,3 %	-23,9 %	-24,1 %	-26,8 %	-27,4 %	-46,7 %
Intel Core i7-8700K	+95,2 %	+83,5 %	+78,9 %	+61,2 %	+41,3 %	+15,1 %	+6,3 %	+1,4 %	±0 %	-2,6 %	-15,0 %	-22,8 %	-23,0 %	-25,7 %	-26,3 %	-45,9 %
AMD Ryzen 7 1800X	+100,3 %	+88,4 %	+83,7 %	+65,5 %	+45,0 %	+18,2 %	+9,1 %	+4,1 %	+2,6 %	±0 %	-12,8 %	-20,8 %	-21,0 %	-23,8 %	-24,4 %	-44,5 %
AMD Ryzen 5 2600X	+129,8 %	+116,0 %	+110,6 %	+89,8 %	+66,3 %	+35,5 %	+25,1 %	+19,4 %	+17,7 %	+14,7 %	±0 %	-9,2 %	-9,4 %	-12,6 %	-13,3 %	-36,4 %
Intel Core i5-8600K	+153,0 %	+137,8 %	+131,9 %	+108,9 %	+83,1 %	+49,2 %	+37,8 %	+31,5 %	+29,6 %	+26,3 %	+10,1 %	±0 %	-0,2 %	-3,8 %	-4,5 %	-29,9 %
Intel Core i5-8600	+153,5 %	+138,3 %	+132,4 %	+109,3 %	+83,5 %	+49,5 %	+38,0 %	+31,7 %	+29,9 %	+26,5 %	+10,3 %	+0,2 %	±0 %	-3,6 %	-4,3 %	-29,8 %
Intel Core i5-8500	+162,8 %	+147,1 %	+141,0 %	+117,1 %	+90,2 %	+55,0 %	+43,1 %	+36,6 %	+34,6 %	+31,2 %	+14,4 %	+3,9 %	+3,7 %	±0 %	-0,8 %	-27,2 %
Intel Core i7-7700K	+164,9 %	+149,1 %	+142,9 %	+118,8 %	+91,7 %	+56,3 %	+44,3 %	+37,7 %	+35,7 %	+32,2 %	+15,3 %	+4,7 %	+4,5 %	+0,8 %	±0 %	-26,6 %
AMD Ryzen 5 2400G	+261,0 %	+239,4 %	+230,9 %	+198,1 %	+161,3 %	+112,9 %	+96,6 %	+87,6 %	+84,9 %	+80,2 %	+57,1 %	+42,7 %	+42,4 %	+37,3 %	+36,3 %	±0 %

Aufrüstmatrix Spiele

System: EVGA Geforce GTX 1080 Ti iCX Gaming @ ~2,0/6,0 GHz, 8 GiB RAM pro Speicherkanal ■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

	Intel Core i7-8086K (4,0 GHz – 6c/12t)	Intel Core i7-8700K (3,7 GHz – 6c/12t)	Intel Core i5-8600K (3,6 GHz – 6c/6t)	Intel Core i7-7700K (4,2 GHz – 4c/8t)	Intel Core i5-8600 (3,1 GHz – 6c/6t)	Intel Core i5-8500 (3,0 GHz – 6c/6t)	Intel Core i9-7980XE (2,6 GHz – 18c/36t)	Intel Core i7-7820X (3,6 GHz – 8c/16t)	AMD Ryzen 7 2700X (3,7 GHz – 8c/16t)	AMD Ryzen TR 2950X (3,5 GHz – 16c/32t)	AMD Ryzen 5 2600X (3,6 GHz – 6c/12t)	AMD Ryzen 7 1800X (3,6 GHz – 8c/16t)	AMD Ryzen TR 1920X (3,5 GHz – 12c/24t)	AMD Ryzen TR 1950X (3,4 GHz – 16c/32t)	AMD Ryzen TR 2990 WX (3,0 GHz – 32c/64t)	AMD Ryzen 5 2400G (3,6 GHz – 4c/8t)
Intel Core i7-8086K	±0 %	-0,5 %	-8,8 %	-9,0 %	-10,0 %	-11,2 %	-11,6 %	-13,9 %	-16,8 %	-18,1 %	-21,3 %	-23,7 %	-24,4 %	-26,0 %	-39,8 %	-40,9 %
Intel Core i7-8700K	+0,5 %	±0 %	-8,4 %	-8,5 %	-9,5 %	-10,7 %	-11,1 %	-13,4 %	-16,4 %	-17,7 %	-20,8 %	-23,2 %	-24,0 %	-25,6 %	-39,5 %	-40,6 %
Intel Core i5-8600K	+9,7 %	+9,1 %	±0 %	-0,2 %	-1,3 %	-2,6 %	-3,0 %	-5,5 %	-8,7 %	-10,2 %	-13,6 %	-16,2 %	-17,1 %	-18,9 %	-34,0 %	-35,1 %
Intel Core i7-7700K	+9,9 %	+9,3 %	+0,2 %	±0 %	-1,1 %	-2,4 %	-2,8 %	-5,3 %	-8,6 %	-10,0 %	-13,5 %	-16,1 %	-17,0 %	-18,7 %	-33,9 %	-35,0 %
Intel Core i5-8600	+11,1 %	+10,5 %	+1,3 %	+1,1 %	±0 %	-1,3 %	-1,7 %	-4,3 %	-7,6 %	-9,0 %	-12,5 %	-15,2 %	-16,0 %	-17,8 %	-33,1 %	-34,3 %
Intel Core i5-8500	+12,6 %	+12,0 %	+2,7 %	+2,5 %	+1,3 %	±0 %	-0,4 %	-3,0 %	-6,3 %	-7,8 %	-11,3 %	-14,0 %	-14,9 %	-16,7 %	-32,2 %	-33,4 %
Intel Core i9-7980XE	+13,1 %	+12,5 %	+3,1 %	+2,9 %	+1,8 %	+0,4 %	±0 %	-2,6 %	-5,9 %	-7,4 %	-11,0 %	-13,7 %	-14,6 %	-16,4 %	-31,9 %	-33,1 %
Intel Core i7-7820X	+16,1 %	+15,5 %	+5,8 %	+5,6 %	+4,5 %	+3,1 %	+2,7 %	±0 %	-3,4 %	-5,0 %	-8,6 %	-11,4 %	-12,3 %	-14,1 %	-30,1 %	-31,4 %
AMD Ryzen 7 2700X	+20,2 %	+19,6 %	+9,6 %	+9,4 %	+8,2 %	+6,8 %	+6,3 %	+3,6 %	±0 %	-1,6 %	-5,3 %	-8,2 %	-9,2 %	-11,1 %	-27,6 %	-28,9 %
AMD Ryzen TR 2950X	+22,2 %	+21,5 %	+11,3 %	+11,2 %	+9,9 %	+8,5 %	+8,0 %	+5,2 %	+1,6 %	±0 %	-3,8 %	-6,7 %	-7,7 %	-9,7 %	-26,5 %	-27,8 %
AMD Ryzen 5 2600X	+27,0 %	+26,3 %	+15,7 %	+15,6 %	+14,3 %	+12,8 %	+12,3 %	+9,4 %	+5,6 %	+4,0 %	±0 %	-3,1 %	-4,1 %	-6,1 %	-23,6 %	-24,9 %
AMD Ryzen 7 1800X	+31,0 %	+30,3 %	+19,4 %	+19,2 %	+17,9 %	+16,3 %	+15,8 %	+12,8 %	+9,0 %	+7,2 %	+3,2 %	±0 %	-1,0 %	-3,1 %	-21,2 %	-22,6 %
AMD Ryzen TR 1920X	+32,4 %	+31,6 %	+20,6 %	+20,5 %	+19,1 %	+17,5 %	+17,1 %	+14,0 %	+10,1 %	+8,4 %	+4,2 %	+1,0 %	±0 %	-2,1 %	-20,3 %	-21,7 %
AMD Ryzen TR 1950X	+35,2 %	+34,5 %	+23,2 %	+23,0 %	+21,7 %	+20,0 %	+19,6 %	+16,5 %	+12,5 %	+10,7 %	+6,5 %	+3,2 %	+2,1 %	±0 %	-18,6 %	-20,1 %
AMD Ryzen TR 2990WX	+66,1 %	+65,2 %	+51,4 %	+51,2 %	+49,5 %	+47,5 %	+46,9 %	+43,1 %	+38,2 %	+36,0 %	+30,8 %	+26,8 %	+25,5 %	+22,9 %	±0 %	-1,8 %
AMD Ryzen 5 2400G	+69,1 %	+68,2 %	+54,2 %	+53,9 %	+52,2 %	+50,2 %	+49,6 %	+45,7 %	+40,7 %	+38,5 %	+33,2 %	+29,1 %	+27,8 %	+25,1 %	+1,8 %	±0 %

Um 100 Euro

AMD Ryzen 3 2200G

Es ist schwer, eine empfehlenswerte CPU unter 100 Euro zu finden, aber es gibt sie. Der Ryzen 3 2200G ersetzt für den Anfang sogar noch die Grafikkarte.

Der Ryzen 3 2200G verwendet wie alle CPUs der Zen-Architektur den Sockel AM4 und läuft unter dem Codenamen Raven Ridge. Das bedeutet, er besitzt neben den Recheneinheiten noch die Grafikeinheit Radeon Vega 8 (8 Compute Units mit 512 Shadern). Diese ist vollkommen für den Hausgebrauch geeigenet, sogar leichtes Gaming ist damit möglich. Sie besitzt vier Rechenkerne, aber muss ohne das hilfreiche SMT auskommen, welches die Anzahl an Threads verdoppelt. Dafür hat sie aber einen relativ hohen Basistakt von 3,50 GHz und kann bis zu 3,70 GHz takten. Sie verbraucht dabei nur angenehme 65 Watt und unterstützt DDR4-RAM bis zu 2933 MHz. Funktionen wie Precision Boost 2 und XFR2 sind ebenfalls an Bord. Der 2200G verfügt sogar über einen freien Multiplikator und ist für leichtes Übertakten geeignet. Beim Kauf ist der Boxed-Kühler Wraith Stealth dabei, der dafür absolut ausreicht. Der Prozessor verfügt über 2 MB (4 x 512 kB) L2-Cache und einen L3-Cache von 4 MB. Der Heatspreader ist im Vergleich zu den großen Brüdern dabei jedoch nicht verlötet. Die Grafikeinheit unterstützt HDMI 2.0b und DisplayPort 1.4.

Alternativen

- **Intel Core i3-8100 – ab ca. 110 €**
- **AMD Ryzen 3 1300X – ab ca. 105 €**

Um 200 Euro

AMD Ryzen 5 2600

Unser derzeitiges Preis-Leistungs-Wunder für unter 200 Euro eignet sich bestens zum Spielen und besonders für Anwendungen, bleibt dabei aber freundlich zum Geldbeutel.

Der Ryzen 5 2600 benötigt den Sockel AM4, welchen schon die erste Ryzen-Generation verwendet hat. Also perfekt für Aufrüster und Sparfüchse, die günstig die „alten" Mainboards erwerben wollen. Um die 2000er damit nutzen zu können, ist nur ein BIOS-Update nötig. Dabei bietet der 2600er mit 6 Kernen, 12 Threads und einem Turbotakt von 3,90 GHz viel mögliche Leistung. Durch die Upgrades der Zen+-Architektur verfügt er über Funktionen wie Precision Boost 2, XFR2 (Enhanced nur bei B450-/X470-Mainboards), welche den Turbo bei guter Kühlung noch besser ausnutzen. Dabei besitzt er „nur" eine TDP von 65 Watt. Für Übertakter ist der Prozessor ebenfalls interessant, da der Heatspreader verlötet ist und er – wie die meisten aktuellen AMD-CPUs – sogar ohne X-Kürzel über einen freien Multiplikator verfügt. Unterstützt wird DDR4-RAM bis zu einer Taktrate von 2933 MHz. Der Ryzen 5-2600 verfügt über einen L2-Cache von 3 MB (6 x 512 kB) und einen 16 MB (2 x 8 MB) großen L3-Cache.

Alternativen

- **Intel Core i5-8500 – ab ca. 195 €**
- **AMD Ryzen 5 2400G – ab ca. 145 €**

Um 300 Euro

Intel Core i5-8600K

Geht es in den Preisklassen (und mit dem Budget) nach oben, werden Intel-Prozessoren interessant. Diese bieten die derzeit beste Leistung für Gamer, kosten dabei aber auch mehr. Eine deutliche Empfehlung ist hier der Core i5-8600K.

Der Core i5-8600K benötigt den Sockel 1151 v2 (LGA). Im Gegensatz zu AMD ist dieser nicht abwärtskompatibel und CPUs der ersten Generation laufen darauf nicht. Fast alle modernen Intel-Prozessoren besitzen neben den Recheneinheiten noch eine Grafikeinheit. Diese wird mit jeder Iteration besser und läuft hier unter dem Namen UHD Graphics 630. Sie besitzt 24 Execution Units mit 192 Shadern und unterstützt HDMI 1.4a, DisplayPort 1.2 sowie eDP 1.4. Dabei besitzt der Core i5-8600K insgesamt 6 Rechenkerne ohne SMT, kann bis zu 4,30 GHz hochtakten und benötigt dabei 95 Watt. Mit einem freien Multiplikator ist er ebenfalls für Übertakter gut geeignet. Der Heatspreader ist dabei jedoch nicht verlötet, sondern verwendet Wärmeleitpaste. Unterstützt wird DDR4-RAM bis zu einer Taktrate von 2666 MHz. Der Core i5-8600K verfügt über einen L2-Cache von 1,5 MB (6 x 256 kB) und einen 9 MB großen L3-Cache.

Alternativen

- **AMD Ryzen 7 2700X – ab ca. 315 €**
- **AMD Ryzen TR 1900X – ab ca. 295 €**

Ab 300 Euro

Intel Core i7-8700K

Zwar gibt es in dieser Kategorie auch CPUs für über 1.000 Euro, diese sind aber nur für etwa Videobearbeitung interessant. Fürs Gaming ist derzeit der Core i7-8700K (falls noch irgendwo zu kaufen, auch der 8086K) die beste Wahl für Gamer.

Der Core i7-8700K benötigt ebenfalls den Sockel 1151 v2 (LGA) und ist mit seiner nahezu baugleichen Jubiläumsausgabe, dem Core i7-8086K, die derzeit beste CPU für Intel-Gamer. Die CPU verfügt ebenfalls über die Grafikeinheit UHD Graphics 630 (24 Execution Units mit 192 Shadern) und unterstützt DirectX 12, OpenGL 4.5 und Vulkan 1.0. Damit können bis zu drei Displays über HDMI 1.4a, DisplayPort 1.2 sowie eDP 1.4 angeschlossen werden. Der 8700K besitzt 6 Kerne und 12 Threads, einen Basistakt von 3,70 GHz und einen Turbotakt bis zu 4,70 GHz. Der Verbrauch liegt dabei bei 95 Watt und DDR4-RAM wird bis zu einer Taktrate von 2933 MHz unterstützt. Der Multiplikator ist hier ebenfalls frei wählbar und damit fürs Übertakten bestens geeignet. Der Core i7-8700K besitzt einen L2-Cache von 1,5 MB (6 x 256 kB) und einen 12 MB großen L3-Cache.

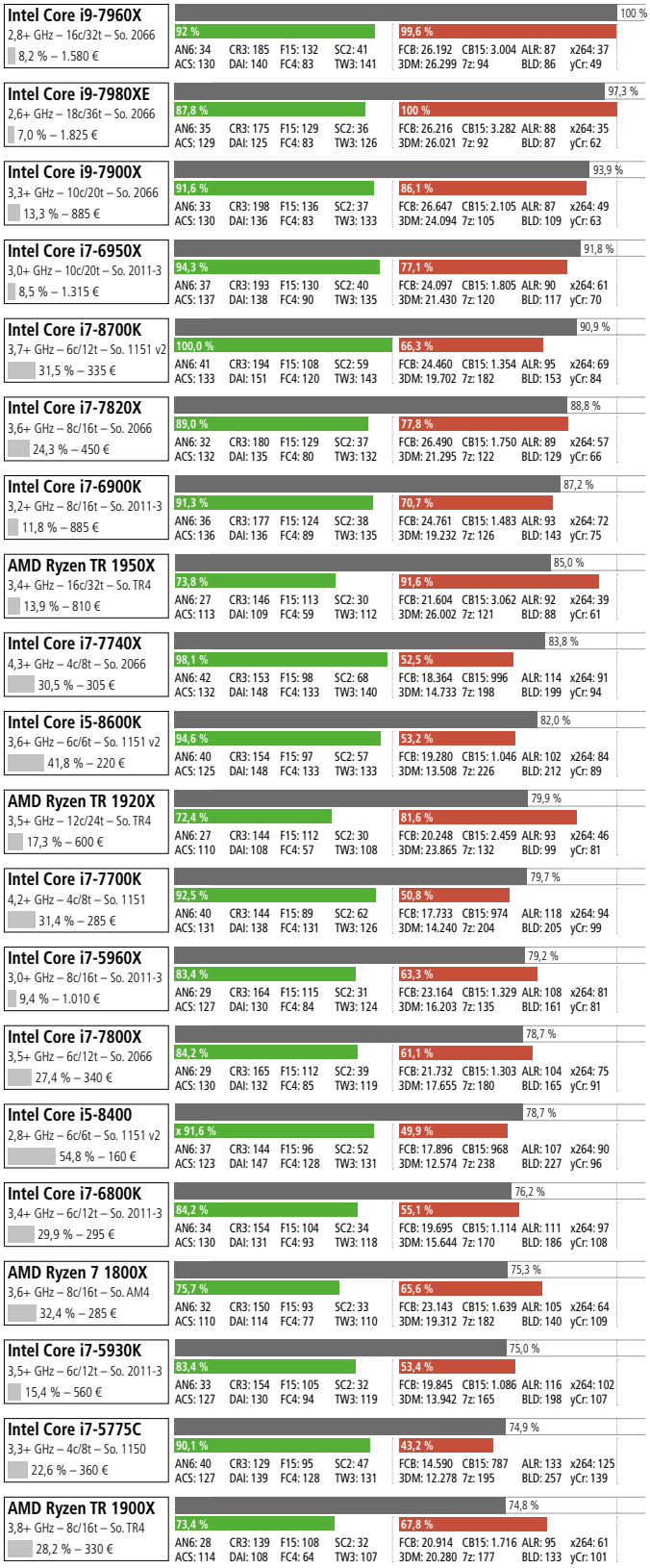
Alternativen

- **Intel Core i9-7980XE – ab ca. 1.370 €**
- **AMD Ryzen TR 2950X – ab ca. 900 €**

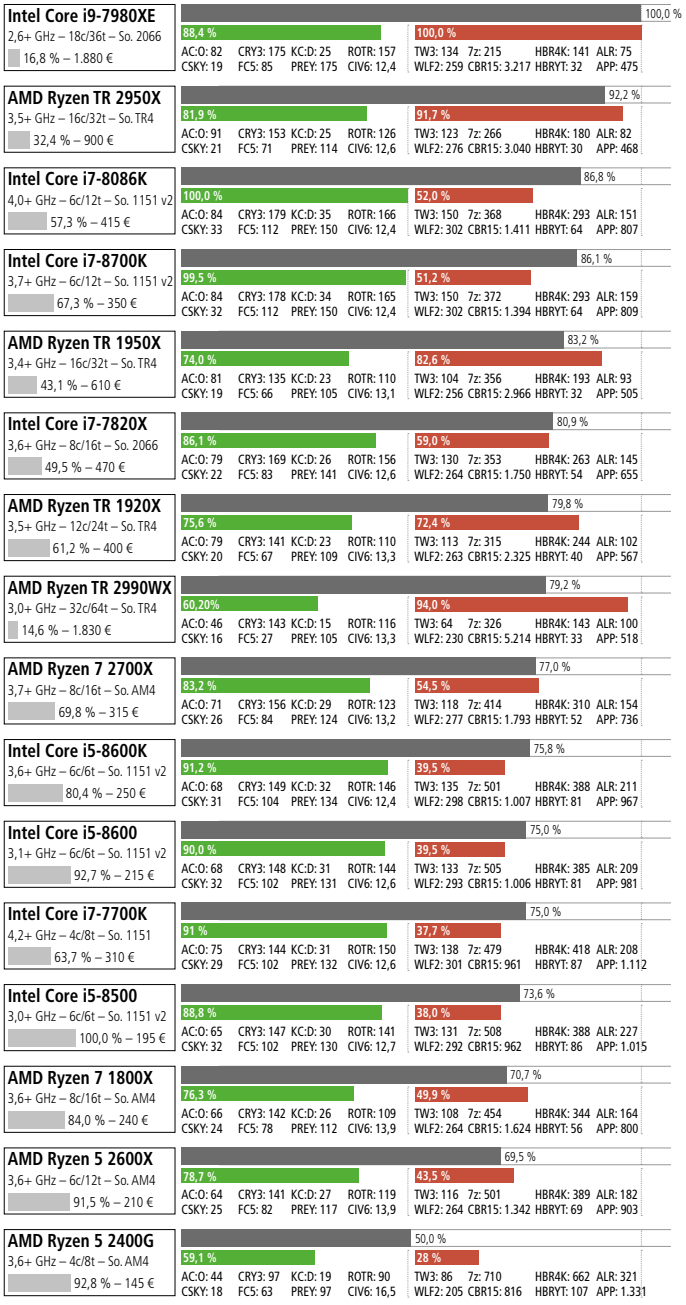
PCGH-Leistungsindex

BESSER ▶ | **Normierte Leistung** Preis-Leistungs-Verhältnis Gesamtindex Spieleindex Anwendungsindex

Parcours 2017



Parcours 2018



Der PCGH-Leistungsindex für Prozessoren ist derzeit zweigeteilt. Vor einigen Ausgaben haben wir den CPU-Benchmark-Parcours erneuert und bereits einige Prozessoren damit abgeklopft. Da die Ergebnisse des alten und neuen Parcours nicht miteinander vergleichbar sind, wurden zwei Reihen angelegt. Die Systemkonfigurationsangaben unten gelten für den alten Parcours.

Spiele (links): Anno 2205, Assassin's Creed Syndicate, Crysis 3, Dragon Age: Inquisition, F1 2015, Far Cry 4, Starcraft 2 LotV, Witcher 3: gerundete Durchschnitts-Fps in 1.280 × 720 (max. Details außer Post-Processing, Ambient Occlusion, AA und AF), mehr ist besser. **Anwendungen** (rechts): Fritz Chessbench, 3D Mark Firestrike Physics, Cinebench R15: Punkte (mehr ist besser), 7-Zip 15.21, Adobe Lightroom 5.7.1, Blender 2.76, x264, y-Cruncher: Sekunden (weniger ist besser). **System:** 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti OC @ 1.380/3.900 MHz.

AiRazor

by LC-POWER™

einstellbare RGB-Farben

bis zu DPI **5000** CPI

programmierbare DPI/CPI-Einstellung

125
500
1000 Hz

3 Polling-Rate-Einstellungen

5 programmierbare Maustasten

Gaming-Maus - m810RGB

Gaming-Maus-Pad - mPAD-RGB

Erleben Sie AiRazor, die neue, hochwertige Gaming-Produktreihe aus dem Hause LC-Power!
AiRazor bietet Ihnen die modernste Technik gepaart mit hochwertigen Materialien, die keine Wünsche offen lassen!

Sei es eine perfekte Kühlung für Ihr System, ein ultrapräzises Handling bei der nächsten Gaming-Session oder einfach ein edles Design, welches der absolute Hingucker bei jeder LAN-Party ist, dies alles bietet Ihnen AiRazor!

AiRazor - Entwickelt von Enthusiasten für Enthusiasten!

Gaming-Gehäuse

mechanische Gaming-Tastaturen

Gaming-Gehäuselüfter

Find us on Facebook
facebook.com/lcpower.germany

www.lc-power.com

LC-Power-Produkte u.a. erhältlich bei: Amazon.de - Bora-Computer.de - Cyberport.de | .at - ebay.de - KMComputer.de - Mindfactory.de - Reichelt.de - Brack.ch - Steg-Electronics.ch

Grafikkarten

Der Grafikkartenmarkt durchlebt momentan einen Umbruch: Neue Hightech-Produkte warten auf finanzstarke Kunden, während die alte Garde deutlich im Preis gefallen ist.

Der September brachte endlich die von vielen PC-Spielern gewünschte Frischzellenkur des Grafikkartenmarkts: Nvidias Geforce-RTX-Reihe (Codename „Turing“) ergänzt das Leistungsspektrum obenrum und liefert darüber hinaus neue Funktionen. Das führte bereits im Vorfeld zu Preissenkungen der älteren Pascal-Grafikkarten sowie beim Mitbewerber AMD. Unter dem Strich ist eine Neubetrachtung des Marktes notwendig. In diesem Artikel geben wir Hilfestellung.

Festlegen der Ansprüche

Wer in der weit verbreiteten Full-HD-Auflösung spielen möchte, der muss nur noch 150 Euro investieren. In diesem Preissegment wildert neuerdings Nvidias Geforce GTX 1050 Ti. Die GPU ist sehr sparsam, hinkt der nächstbesseren Grafikkarte leistungsmäßig jedoch deutlich hinterher. Gemeint ist AMDs Radeon RX 570, welche andere Schwerpunkte setzt: Die Spieleleistung dieses 180-Euro-Modells ist im Mittel 40 Prozent höher, wofür jedoch modellabhängig zwischen 145 und 225 Watt an Energie anfallen. Ab der 250-Euro-Klasse erhalten Spieler kompromisslose, in Sachen Preis-Leistung sehr attraktive Grafikkarten für Full HD sowie, mit kleineren Detailabstrichen, ordentliche Leistung in WQHD. Die Radeon RX 580/8G und Geforce GTX 1060/6G liefern sich ein Kühler-an-Kühler-Rennen, im Mittel sind sie gleich schnell und liegen somit gute 20 Prozent vor der RX 570. Während die AMD-Karte mit der zukunftsfähigeren Speichermenge punktet, holt sich Nvidia erneut den Effizienzthron: GTX-1060-Boards begnügen sich je nach Modell und deren werkseitiger Übertaktung mit 120 bis 150 Watt; die RX 580 rangiert zwischen 180 und 240 Watt.

Das Segment zwischen rund 400 und 500 Euro wird von der Radeon RX Vega 56 sowie der Geforce GTX 1070 und GTX 1070 Ti in verschiedenen Farben und Formen bestimmt. Dabei handelt es sich ausnahmslos um 8-GiByte-Grafikkarten, welche eine sorgenfreie Performance in WQHD sowie erste Ultra-HD-Ausflüge ermöglichen; deutliche Fps-Unterschiede zwischen den Optionen sind nicht fühlbar. Welches Modell für Sie infrage kommt, hängt auch von Ihrem Bildschirm ab. Wer eines der zahlreich am Markt vertretenen Freesync-LCDs gekauft hat, ist für ein optimales Erlebnis auf eine RX Vega 56 angewiesen, während G-Sync-User ihr Glück in Form einer GTX 1070 (Ti) finden.

Eine Stufe darüber regieren die GTX 1080 und RX Vega 64. Ihr Leistungsplus deckt sich mit dem Aufpreis gegenüber den gerade behandelten Karten. Sie entscheiden, ob es das wert ist. Darüber hinaus betreten Sie Nvidia-Land: Die neuen Geforce-Modelle RTX 2080 und RTX 2080 Ti liefern Leistung satt, schlagen jedoch auch mit über 800 respektive deutlich über 1.000 Euro zu Buche. Daneben koexistiert die deutlich im Preis gefallene GTX 1080 Ti, was die Auswahl nicht gerade einfach macht. Klar ist hingegen: Welches Modell Sie auch kaufen, flüssige Bildraten in Ultra HD sind problemlos möglich.

Auf der folgenden Doppelseite sehen Sie die Quintessenz unserer Benchmarks in Form von Aufrüstmatrizen, farblich aufbereitet. Hier erkennen Sie auf einen Blick, welches Angebot am Markt am besten zu Ihnen passt. Fühlbare Unterschiede stellen sich erfahrungsgemäß ab einer Größenordnung von 30 Prozent ein, mehr ist natürlich besser.

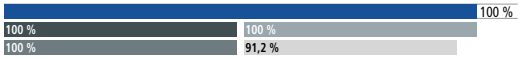
GPU-Leistungsindex 2018

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UHD ■ Anwendungen* | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Nvidia Titan Xp (CE)

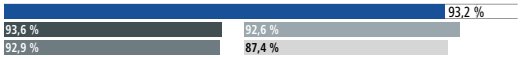
Takt: 1,60+/5,7 GHz
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 1.300 €
PLV: 38,7 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	93	163	113	90	90	69	55	113	77	168	166	90	73	124	205	109	66	170	119	99	215
1440p	73	127	86	56	60	58	46	83	63	106	121	70	43	88	138	74	42	115	77	76	152
2160p	44	80	51	27	30	39	30	46	33	52	57	44	17	48	72	38	20	59	39	46	91

Geforce GTX 1080 Ti

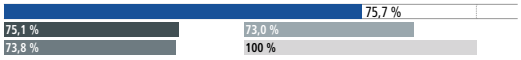
Takt: 1,65+/5,5 GHz
RAM: 11 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 600 €
PLV: 78,1 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	88	151	106	83	85	66	53	108	74	158	162	83	67	114	193	97	62	153	112	93	200
1440p	69	119	82	52	56	54	44	78	57	98	110	67	39	80	129	68	38	105	72	71	142
2160p	42	75	49	25	28	36	29	43	29	49	52	41	15	44	67	35	19	54	35	43	83

Radeon RX Vega 64 LCE

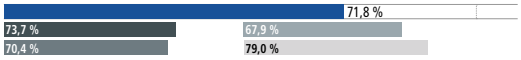
Takt: 1,53+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	70	120	108	72	73	52	49	83	64	118	138	62	45	88	129	76	39	126	86	66	199
1440p	55	94	75	46	48	42	37	61	49	74	86	50	29	64	88	54	24	86	55	51	133
2160p	33	60	41	23	25	28	22	33	25	37	40	30	14	36	46	25	12	44	28	31	66

Geforce GTX 1080

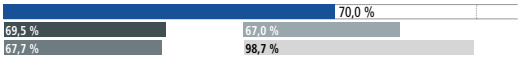
Takt: 1,63+/5,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 460 €
PLV: 78,4 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	73	113	81	62	68	55	45	86	69	120	138	66	47	88	143	74	46	119	82	71	163
1440p	54	87	61	38	44	44	36	61	46	75	84	50	27	60	95	49	27	78	52	54	113
2160p	31	54	36	18	22	28	22	33	22	36	38	31	11	33	49	25	14	40	26	32	48

Radeon RX Vega 64 Air

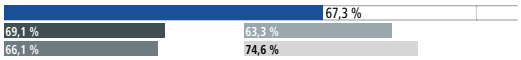
Takt: 1,34+/0,95 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 470 €
PLV: 74,8 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	64	108	100	67	65	48	46	78	63	108	129	56	40	80	120	70	36	115	81	61	186
1440p	50	85	70	43	44	40	35	56	45	69	79	44	27	57	81	50	22	78	52	47	119
2160p	28	53	38	21	23	27	20	30	23	34	37	28	13	32	43	24	11	40	26	29	61

Geforce GTX 1070 Ti

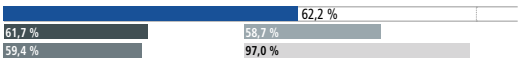
Takt: 1,72+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 390 €
PLV: 86,6 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	68	109	77	59	63	51	43	82	66	110	128	64	45	82	131	67	43	113	70	66	156
1440p	51	84	58	36	40	40	34	58	44	69	79	49	27	56	86	45	26	76	46	50	106
2160p	28	51	34	17	20	26	20	31	22	33	37	29	11	30	44	22	12	38	23	29	47

Radeon RX Vega 56

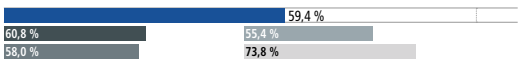
Takt: 1,21+/0,8 GHz
RAM: 8 GiB HBM2
Preis: Ca. 400 €
PLV: 78,1 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	61	92	87	58	60	44	42	71	58	94	110	51	37	70	105	62	30	105	71	54	158
1440p	45	72	60	37	40	35	32	50	39	59	68	39	24	50	72	43	18	69	46	41	105
2160p	27	45	33	18	20	23	18	27	20	29	32	25	12	28	38	21	9	36	23	25	52

Geforce GTX 1070

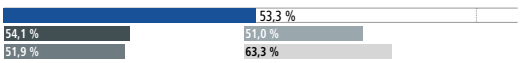
Takt: 1,60+/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 370 €
PLV: 80,7 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	62	95	67	51	55	46	40	72	57	96	114	53	41	71	116	59	37	98	64	56	135
1440p	46	73	50	31	36	37	32	51	37	60	70	42	24	49	77	39	23	65	41	42	92
2160p	26	45	29	15	17	23	19	28	18	29	32	25	10	26	39	19	10	32	21	25	41

Geforce GTX 980 Ti

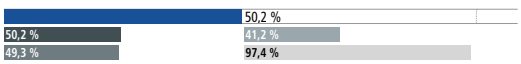
Takt: 1,04+/3,5 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 470 €
PLV: 57,0 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	56	79	64	47	48	41	34	72	52	88	107	47	39	64	104	54	35	86	63	51	74
1440p	41	62	48	30	31	30	27	52	34	55	65	34	23	45	72	37	21	57	41	39	49
2160p	24	39	27	14	15	20	17	28	17	26	30	21	10	24	37	19	10	28	20	23	31

Radeon R9 Fury X

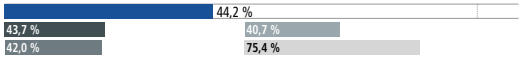
Takt: 1,05/0,5 GHz
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	76	74	48	45	30	34	63	50	89	101	43	37	55	95	58	28	78	62	42	61
1440p	33	50	54	32	32	24	27	46	34	57	65	33	20	42	68	43	17	53	40	34	47
2160p	14	35	30	7	9	14	11	26	16	27	32	22	5	16	38	19	4	14	20	22	26

Radeon RX 580/8G

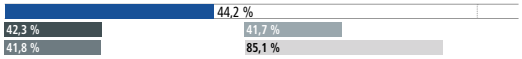
Takt: 1,34/4,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 240 €
PLV: 92,3 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	43	64	57	39	40	33	29	52	43	68	81	37	30	51	80	45	19	72	47	36	114
1440p	32	51	40	25	26	27	22	36	28	42	50	29	19	37	54	31	12	48	29	28	75
2160p	18	32	22	12	13	17	12	19	14	20	23	18	9	20	28	15	6	24	14	17	39

Radeon R9 390X

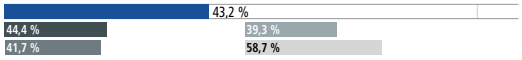
Takt: 1,05/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	36	61	62	39	36	29	29	53	44	66	83	35	29	48	82	42	20	66	52	31	100
1440p	28	49	44	25	26	24	23	38	29	41	51	29	17	35	57	31	13	45	34	25	69
2160p	18	32	24	13	14	16	14	21	14	19	24	18	8	21	31	14	6	24	17	17	34

Geforce GTX 1060/6G

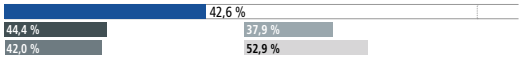
Takt: 1,70+/4,0 GHz
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 250 €
PLV: 86,8 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	67	49	36	39	36	32	56	42	69	81	45	29	58	80	42	26	71	47	39	86
1440p	34	49	36	22	25	28	24	40	27	43	49	34	17	35	55	28	16	46	30	29	58
2160p	19	30	20	10	12	17	14	22	13	20	22	19	7	17	28	13	7	22	14	17	31

Geforce GTX 980

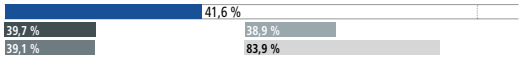
Takt: 1,17+/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 380 €
PLV: 56,4 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	49	63	54	39	40	32	30	56	44	72	89	40	31	45	90	44	30	69	50	42	54
1440p	35	54	39	24	26	25	23	40	28	45	54	30	19	31	60	30	18	46	31	32	32
2160p	15	33	23	10	12	15	14	21	14	21	24	18	8	16	30	14	2	18	16	19	20

Radeon R9 390

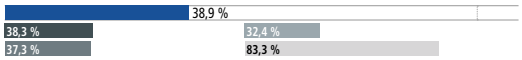
Takt: 1,0/3,0 GHz
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	34	56	58	36	34	28	28	50	41	62	77	32	28	45	78	41	18	65	50	29	93
1440p	26	45	41	23	24	23	22	36	27	38	48	27	17	33	54	30	12	43	32	23	63
2160p	16	29	22	12	13	16	13	20	13	18	23	16	8	19	29	13	6	23	17	15	31

Radeon R9 290X

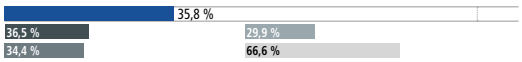
Takt: 0,98+/2,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	37	46	47	35	32	25	25	47	39	61	68	34	25	43	72	41	16	57	42	34	51
1440p	27	37	33	20	21	20	19	32	23	38	41	24	15	32	48	28	10	38	26	22	40
2160p	12	25	18	6	9	12	10	16	11	16	19	15	5	13	25	14	3	16	13	14	21

Radeon RX 570/4G

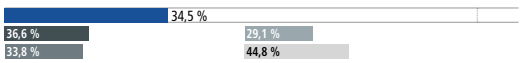
Takt: 1,25/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 180 €
PLV: 100,0 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	37	49	38	32	34	28	26	48	37	59	72	32	25	37	75	36	23	55	42	34	51
1440p	27	42	32	14	22	21	20	33	23	36	43	25	13	27	49	24	14	35	26	26	29
2160p	15	26	17	7	10	9	9	14	11	17	19	14	5	14	25	11	2	14	13	15	18

Geforce GTX 970

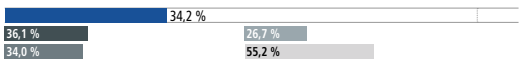
Takt: 1,14+/3,5 GHz
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5
Preis: Ca. 240 €
PLV: 72,1 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	44	49	38	32	34	28	26	48	37	59	72	32	25	37	75	36	23	55	42	34	51
1440p	31	42	32	14	22	21	20	33	23	36	43	25	13	27	49	24	14	35	26	26	29
2160p	15	26	17	7	10	9	9	14	11	17	19	14	5	14	25	11	2	14	13	15	18

Geforce GTX 780 Ti

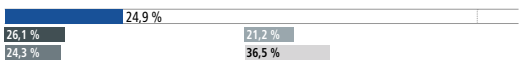
Takt: 0,95+/3,5 GHz
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	39	57	51	29	31	23	27	46	34	60	72	30	26	42	79	35	25	48	42	32	41
1440p	24	44	37	18	19	19	21	33	23	37	44	23	15	29	53	25	13	34	25	26	23
2160p	10	26	21	4	5	8	6	18	10	11	21	14	4	14	27	13	1	13	11	16	13

Geforce GTX 1050 Ti

Takt: 1,60+/3,5 GHz
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 145 €
PLV: 86,3 %



	ACO	CWW2	DIRT4	ELEX	FC5	GRWL	GTA5	HELL	KCD	OW	PREY	PC2	QBRK	ROTTR	SW2	SE4	SF3	SWBF	SS4	TW3	W2NC
1080p	31	36	32	21	24	21	22	33	25	40	50	23	16	28	49	23	16	42	28	23	43
1440p	21	29	23	12	15	16	16	23	16	25	30	17	9	19	32	16	10	27	18	17	32
2160p	10	17	13	5	7	10	7	12	7	12	13	10	4	10	16	7	2	10	9	10	16

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (LLC: 3,6 GHz), MSI X99A Tomahawk, 4 × 8 GiB Corsair DDR4-3000 (DR, 1T); Windows 10 x64; anisotroper Filter auf „Qualität"; Vsync aus.
Spiele-/Anwendungsnamen: ACO: Assassin's Creed Origins, CWW2: Call of Duty WW2, Dirt 4, Elex, FC5: Far Cry 5, GRWL: Ghost Recon Wildlands, GTA5: Grand Theft Auto 5, HELL: Hellblade, KCD: Kingdom Come Deliverance, OW: Overwatch, Prey, PC2: Project Cars 2, QBRK: Quantum Break, ROTTR: Rise of the Tomb Raider, SW2: Shadow Warrior 2, SE4: Sniper Elite 4, SF3: Spellforce 3, SWBF2: Star Wars Battlefront 2, SS4: Sudden Strike 4, TW3: The Witcher 3, W2NC: Wolfenstein 2. Angabe auf die nächste Ganzzahl gerundeter Fps.
Die Anwendungsleistung fließt zu 1/22 (~4,55 Prozent) nur in den blauen Gesamtindex ein. *Capture One 11 (MPix/s): TXp (28,8), 1080 Ti (27,6), RX V64 LCE (31,6), GTX 1080 (24,9), RX V64 (31,2), GTX 1070 Ti (23,6), RX V56 (30,6), GTX 1070 (23,3), GTX 980 Ti (20,0), R9 Fury X (30,8), R9 390X (26,9), RX 580 (23,8), GTX 1060 6GB (18,5), GTX 980 (16,7), R9 390 (26,5), R9 290X (26,3), RX 570 (21,0), GTX 970 (14,2), GTX 780 Ti (17,4), GTX 1050 Ti (11,5)

Geforce RTX 2000

Gerne hätten wir Ihnen das volle Benchmarkpaket zur Geforce RTX 2080 und 2080 Ti geliefert, bis Redaktionsschluss dieses Sonderhefts war das jedoch nicht möglich. Nimmt man die offiziellen Nvidia-Aussagen und subtrahiert die Marketing-Übertreibung, ergeben sich die folgenden Prognosen: Die RTX 2080 wird im Mittel unterhalb der GTX 1080 Ti landen, die RTX 2080 Ti hingegen ein Drittel darüber. Diese Performanceeinschätzung bezieht sich auf die aktuelle und vergangene Spiele-Generation. Nvidia bewirbt die RTX-Generation darüber hinaus mit der Option auf bessere Beleuchtung, Reflexionen und lebensechte Schatten. Was es damit auf sich hat, erfahren Sie in der Turing-Zusammenfassung ab Seite 20 sowie im Raytracing-Artikel ab Seite 76.

RAM: Je mehr, desto besser

Bei einigen Mittelklasse-Grafikkarten, wie der Geforce GTX 1060 und Radeon RX 570/580, müssen Sie sich zwischen zwei verschiedenen Speicherkapazitäten entscheiden. Zu viel Speicher gibt es nicht, allerdings kostet eine größere Kapazität natürlich Geld. Wer eine Mittelklasse-Grafikkarte kauft, sollte sich nach Modellen mit 6 GiByte (GTX 1060) respektive 8 GiByte (RX 570/580) umsehen. Treuen Lesern kommt das bekannt vor, denn PC Games Hardware rät bereits seit zwei Jahren zu diesen Kapazitäten. Was damals vor allem ein Polster für die Zukunft darstellte und lediglich in Einzelfällen Vorteile brachte, ist in der Gegenwart – wie prophezeit – deutlicher geworden: Einige moderne PC-Spiele laufen mit viel Speicher nicht nur flüssiger, sondern sehen dabei außerdem besser aus. Verantwortlich dafür sind die Streaming-Systeme, welche Grafikdaten häppchenweise anfordern. Passt beispielsweise eine zur Laufzeit angeforderte Textur nicht in den Speicher, wird stattdessen eine niedriger auflösende (= matschigere) Version ebendieser angezeigt. Das hat sichtbare Folgen, mit denen besser bestückte Grafikkarten nicht oder wesentlich seltener kämpfen. Dieses Verhalten sichert spielbare Fps auf speicherarmen Karten, ist jedoch im wahrsten Sinne des Wortes unschön. Wir raten daher sowohl von der Geforce GTX 1060 3GB als auch von der GTX 1050 ab. Die stets mit 4 GiByte bestückte GTX 1050 Ti ist hingegen ausgewogen. Ab der Leistungsklasse einer Radeon RX 570 können Sie das 4-GiByte-Modell zum geringen Aufpreis für eine 8-GiByte-Variante liegenlassen.

Darüber hinaus ist die Sachlage eindeutig, denn es besteht keine Wahl: Alle High-End-Grafikkarten werden mit 8 GiByte ausgeliefert. Unsere Messreihe hat ergeben, dass diese Kapazität selbst in Ultra HD vollends genügt. Erst Extremtests in den (Downsampling-)Auflösungen 5K und 6K fördern mehr oder minder subtile Unterschiede zwischen 8 GiByte und 11/12 GiByte zutage. Wer eine Geforce RTX 2080 Ti oder GTX 1080 Ti kauft, muss sich auf absehbare Zeit (inklusive 2019) keine Sorgen über einen möglichen Speicherüberlauf machen. Und falls doch Ausnahmespiele erscheinen, die diese Regel bestätigen, hilft immer der folgende Kniff: Reduzieren Sie Textur- und Schattendetails um eine Stufe. Das schaufelt Unmengen an Grafikspeicher frei und die Bildrate stimmt mit an Sicherheit wieder.

Ältere Grafikkarte aufrüsten: Das bringt's

Von … \ auf …	Geforce GTX 1080	Geforce GTX 1070	Geforce GTX 980 Ti	Radeon R9 Fury X	Geforce GTX 980	Geforce GTX 1060/6G	Radeon R9 390X	Geforce GTX 1060/3G	Radeon RX 480/8G	Radeon R9 390	Geforce GTX 970
Geforce GTX 1070 (8 GiByte)	19,5	0,0	-5,8	-16,4	-20,6	-24,6	-28,2	-29,8	-32,9	-32,9	-33,5
Geforce GTX 980 Ti (6 GiByte)	26,9	6,2	0,0	-11,2	-15,6	-19,9	-23,7	-25,5	-28,7	-28,7	-29,4
Radeon R9 Fury X (4 GiByte)	42,8	19,5	12,6	0,0	-5,0	-9,8	-14,1	-16,1	-19,8	-19,8	-20,5
Geforce GTX 980 (4 GiByte)	50,4	25,9	18,5	5,3	0,0	-5,1	-9,5	-11,6	-15,5	-15,5	-16,3
Radeon R9 Fury (4 GiByte)	53,6	28,5	21,0	7,5	2,1	-3,1	-7,6	-9,8	-13,7	-13,7	-14,5
Radeon R9 Nano (4 GiByte)	56,4	30,9	23,3	9,5	4,0	-1,2	-5,9	-8,1	-12,1	-12,1	-12,9
Geforce GTX 1060 (6 GiByte)	58,4	32,6	24,8	10,9	5,3	0,0	-4,7	-6,9	-11,0	-11,0	-11,8
Radeon R9 390X (8 GiByte)	66,3	39,2	31,0	16,4	10,6	5,0	0,0	-2,3	-6,6	-6,6	-7,5
Geforce GTX 1060 (3 GiByte)	70,2	42,5	34,1	19,2	13,2	7,5	2,4	0,0	-4,4	-4,4	-5,3
Radeon RX 480 (8 GiByte)	78,0	49,0	40,3	24,6	18,3	12,4	7,0	4,6	0,0	0,0	-1,0
Radeon R9 390 (8 GiByte)	78,1	49,0	40,3	24,7	18,4	12,4	7,1	4,6	0,0	0,0	-0,9
Geforce GTX 970 (3,5+0,5 GiByte)	79,7	50,4	41,6	25,8	19,5	13,4	8,1	5,6	1,0	0,9	0,0
Geforce GTX 780 Ti (3 GiByte)	80,8	51,3	42,4	26,5	20,2	14,1	8,7	6,2	1,5	1,5	0,6
Radeon R9 290X (4 GiByte)	84,4	54,3	45,3	29,1	22,6	16,4	10,9	8,3	3,6	3,6	2,6
Radeon RX 480 (4 GiByte)	86,5	56,1	47,0	30,6	24,0	17,7	12,1	9,5	4,8	4,7	3,8
Radeon R9 290 (4 GiByte)	96,1	64,1	54,5	37,3	30,3	23,8	17,9	15,2	10,1	10,1	9,1
Radeon RX 470 (4 GiByte)	97,8	65,6	55,9	38,5	31,5	24,9	19,0	16,2	11,1	11,1	10,1
Geforce GTX 780 (3 GiByte)	107,7	73,9	63,7	45,4	38,1	31,1	24,9	22,0	16,7	16,7	15,6
Geforce GTX 770 (4 GiByte)	139,6	100,5	88,8	67,8	59,3	51,3	44,1	40,8	34,6	34,6	33,3
Radeon R9 280X (3 GiByte)	147,3	107,0	94,9	73,1	64,4	56,1	48,7	45,3	38,9	38,9	37,6
Geforce GTX 770 (2 GiByte)	154,4	112,9	100,5	78,1	69,2	60,6	53,0	49,5	42,9	42,9	41,6
Radeon R9 380X (4 GiByte)	160,6	118,1	105,3	82,4	73,2	64,5	56,7	53,1	46,4	46,3	45,0
Radeon HD 7970 (3 GiByte)	165,6	122,3	109,3	85,9	76,6	67,6	59,7	56,0	49,2	49,2	47,8
Radeon R9 380 (4 GiByte)	171,7	127,4	114,1	90,2	80,6	71,5	63,4	59,6	52,6	52,6	51,2
Geforce GTX 960 (4 GiByte)	181,6	135,7	121,9	97,1	87,2	77,8	69,3	65,4	58,2	58,2	56,7
Radeon R9 380 (2 GiByte)	191,3	143,8	129,6	104,0	93,7	83,9	75,2	71,1	63,7	63,6	62,1
Geforce GTX 960 (2 GiByte)	194,8	146,7	132,3	106,3	96,0	86,1	77,2	73,1	65,6	65,5	64,0
Geforce GTX 760 (2 GiByte)	218,9	166,9	151,3	123,2	112,0	101,3	91,7	87,3	79,1	79,1	77,4
Geforce GTX 950 (2 GiByte)	229,0	175,3	159,2	130,3	118,7	107,7	97,8	93,2	84,8	84,7	83,0
Radeon HD 7870 (2 GiByte)	246,7	190,1	173,2	142,7	130,5	118,8	108,5	103,6	94,7	94,7	92,9
Radeon R7 370 (4 GiByte)	257,7	199,3	181,8	150,4	137,8	125,8	115,1	110,1	100,9	100,9	99,0
Geforce GTX 580 (3 GiByte)	260,9	202,1	184,4	152,7	140,0	127,8	117,0	112,0	102,8	102,7	100,8
Radeon RX 460 (4 GiByte)	269,7	209,4	191,3	158,8	145,8	133,4	122,3	117,2	107,7	107,6	105,7
Radeon R7 370 (2 GiByte)	272,4	211,7	193,5	160,7	147,6	135,1	123,9	118,8	109,2	109,2	107,2
Geforce GTX 580 (1,5 GiByte)	297,1	232,4	212,9	178,0	164,0	150,7	138,8	133,3	123,1	123,0	121,0
Geforce GTX 660 (2 GiByte)	308,2	241,6	221,6	185,7	171,3	157,6	145,4	139,8	129,3	129,2	127,1
Radeon HD 6950 (2 GiByte)	416,8	332,6	307,3	261,8	243,6	226,2	210,8	203,6	190,3	190,2	187,6
Geforce GTX 570 (1,25 GiByte)	423,7	338,3	312,7	266,6	248,2	230,6	214,9	207,7	194,2	194,1	191,4
Radeon HD 6950 (1 GiByte)	694,0	564,5	525,7	455,9	427,8	401,2	377,5	366,4	346,0	345,9	341,8

Basis: Älterer PCGH-Leistungsindex 1.920 × 1.080 (normiert) ■ Über 40 Prozent ■ Plus 20–40 Prozent ■ Plus 0–20 Prozent ■ Leistungsverlust

Aufrüstmatrix 1.920 × 1.080: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-20 %	-21 %	-26 %	-26 %	-34 %	-35 %	-53 %	-53 %	-61 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 25 %	± 0 %	-2 %	-8 %	-8 %	-18 %	-19 %	-42 %	-41 %	-52 %
Geforce GTX 1080	+ 27 %	+ 2 %	± 0 %	-6 %	-6 %	-16 %	-18 %	-40 %	-40 %	-51 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 35 %	+ 8 %	+ 6 %	± 0 %	-1 %	-11 %	-13 %	-37 %	-37 %	-48 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 36 %	+ 9 %	+ 7 %	+ 1 %	± 0 %	-11 %	-12 %	-36 %	-36 %	-48 %
Radeon RX Vega 56	+ 52 %	+ 22 %	+ 19 %	+ 13 %	+ 12 %	± 0 %	-2 %	-29 %	-29 %	-41 %
Geforce GTX 1070	+ 54 %	+ 24 %	+ 21 %	+ 15 %	+ 14 %	+ 2 %	± 0 %	-28 %	-27 %	-40 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 72 %	+ 38 %	+ 35 %	+ 28 %	+ 27 %	+ 13 %	+ 11 %	-19 %	-19 %	-33 %
Radeon R9 Fury X	+ 87 %	+ 50 %	+ 47 %	+ 39 %	+ 38 %	+ 23 %	+ 21 %	-12 %	-12 %	-28 %
Geforce GTX 980	+ 110 %	+ 69 %	+ 66 %	+ 56 %	+ 55 %	+ 39 %	+ 36 %	-1 %	-1 %	-19 %
Radeon RX 580/8G	+ 113 %	+ 71 %	+ 68 %	+ 58 %	+ 57 %	+ 41 %	+ 38 %	± 0 %	± 0 %	-17 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 112 %	+ 71 %	+ 67 %	+ 58 %	+ 57 %	+ 40 %	+ 38 %	± 0 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390X	+ 121 %	+ 78 %	+ 74 %	+ 64 %	+ 63 %	+ 46 %	+ 44 %	+ 4 %	+ 4 %	-14 %
Radeon R9 390	+ 136 %	+ 89 %	+ 86 %	+ 75 %	+ 74 %	+ 55 %	+ 53 %	+ 11 %	+ 11 %	-9 %
Radeon R9 290X	+ 146 %	+ 97 %	+ 94 %	+ 82 %	+ 81 %	+ 62 %	+ 59 %	+ 15 %	+ 16 %	-5 %
Geforce GTX 970	+ 155 %	+ 105 %	+ 101 %	+ 89 %	+ 88 %	+ 68 %	+ 65 %	+ 20 %	+ 20 %	-1 %
Radeon RX 570/4G	+ 158 %	+ 108 %	+ 104 %	+ 92 %	+ 91 %	+ 70 %	+ 68 %	+ 21 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 158 %	+ 107 %	+ 103 %	+ 92 %	+ 90 %	+ 70 %	+ 67 %	+ 21 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 258 %	+ 187 %	+ 182 %	+ 166 %	+ 164 %	+ 136 %	+ 132 %	+ 68 %	+ 69 %	+ 38 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Aufrüstmatrix 2.560 × 1.440: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-20 %	-24 %	-27 %	-29 %	-36 %	-38 %	-55 %	-55 %	-63 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 25 %	± 0 %	-5 %	-9 %	-11 %	-20 %	-22 %	-43 %	-44 %	-54 %
Geforce GTX 1080	+ 32 %	+ 5 %	± 0 %	-4 %	-6 %	-16 %	-18 %	-40 %	-41 %	-51 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 37 %	+ 9 %	+ 4 %	± 0 %	-2 %	-12 %	-14 %	-38 %	-38 %	-49 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 40 %	+ 12 %	+ 7 %	+ 2 %	± 0 %	-10 %	-12 %	-36 %	-37 %	-48 %
Radeon RX Vega 56	+ 56 %	+ 25 %	+ 19 %	+ 14 %	+ 11 %	± 0 %	-2 %	-29 %	-30 %	-42 %
Geforce GTX 1070	+ 60 %	+ 28 %	+ 21 %	+ 17 %	+ 14 %	+ 2 %	± 0 %	-27 %	-28 %	-41 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 79 %	+ 42 %	+ 36 %	+ 30 %	+ 27 %	+ 14 %	+ 12 %	-19 %	-20 %	-34 %
Radeon R9 Fury X	+ 89 %	+ 50 %	+ 43 %	+ 37 %	+ 34 %	+ 21 %	+ 18 %	-14 %	-15 %	-30 %
Geforce GTX 980	+ 120 %	+ 75 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 41 %	+ 37 %	± 0 %	-1 %	-19 %
Radeon RX 580/8G	+ 120 %	+ 75 %	+ 67 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 40 %	+ 37 %	± 0 %	-1 %	-19 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 122 %	+ 77 %	+ 68 %	+ 62 %	+ 58 %	+ 42 %	+ 38 %	+ 1 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390X	+ 122 %	+ 77 %	+ 69 %	+ 62 %	+ 58 %	+ 42 %	+ 39 %	+ 1 %	± 0 %	-18 %
Radeon R9 390	+ 138 %	+ 89 %	+ 80 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 52 %	+ 48 %	+ 8 %	+ 7 %	-12 %
Radeon R9 290X	+ 150 %	+ 99 %	+ 90 %	+ 82 %	+ 78 %	+ 60 %	+ 56 %	+ 14 %	+ 13 %	-8 %
Geforce GTX 970	+ 171 %	+ 116 %	+ 105 %	+ 97 %	+ 93 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 23 %	+ 22 %	± 0 %
Radeon RX 570/4G	+ 170 %	+ 116 %	+ 105 %	+ 97 %	+ 92 %	+ 73 %	+ 69 %	+ 23 %	+ 22 %	± 0 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 176 %	+ 120 %	+ 109 %	+ 101 %	+ 96 %	+ 76 %	+ 72 %	+ 25 %	+ 24 %	+ 2 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 286 %	+ 207 %	+ 192 %	+ 181 %	+ 175 %	+ 147 %	+ 141 %	+ 75 %	+ 74 %	+ 42 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Aufrüstmatrix 3.840 × 2.160: Mögliche Leistungssteigerungen durch GPU-Upgrade

	Geforce GTX 1080 Ti	Radeon RX Vega 64 LCE	Geforce GTX 1080	Radeon RX Vega 64 Air	Geforce GTX 1070 Ti	Radeon RX Vega 56	Geforce GTX 1070	Radeon RX 580/8G	Geforce GTX 1060/6G	Radeon RX 570/4G
Geforce GTX 1080 Ti	± 0 %	-21 %	-26 %	-28 %	-31 %	-36 %	-40 %	-56 %	-58 %	-68 %
Radeon RX Vega 64 LCE	+ 26 %	± 0 %	-7 %	-9 %	-13 %	-20 %	-24 %	-44 %	-46 %	-60 %
Geforce GTX 1080	+ 36 %	+ 7 %	± 0 %	-2 %	-7 %	-14 %	-19 %	-40 %	-43 %	-57 %
Radeon RX Vega 64 Air	+ 38 %	+ 9 %	+ 2 %	± 0 %	-5 %	-12 %	-17 %	-39 %	-41 %	-56 %
Geforce GTX 1070 Ti	+ 46 %	+ 15 %	+ 7 %	+ 5 %	± 0 %	-7 %	-13 %	-36 %	-38 %	-53 %
Radeon RX Vega 56	+ 57 %	+ 24 %	+ 16 %	+ 14 %	+ 8 %	± 0 %	-6 %	-31 %	-33 %	-50 %
Geforce GTX 1070	+ 67 %	+ 32 %	+ 23 %	+ 21 %	+ 15 %	+ 6 %	± 0 %	-26 %	-29 %	-46 %
Geforce GTX 980 Ti	+ 82 %	+ 44 %	+ 34 %	+ 31 %	+ 25 %	+ 15 %	+ 9 %	-20 %	-23 %	-42 %
Radeon R9 Fury X	+ 123 %	+ 77 %	+ 64 %	+ 61 %	+ 53 %	+ 42 %	+ 34 %	-2 %	-5 %	-28 %
Geforce GTX 980	+ 126 %	+ 79 %	+ 67 %	+ 64 %	+ 55 %	+ 44 %	+ 35 %	± 0 %	-4 %	-28 %
Radeon RX 580/8G	+ 127 %	+ 80 %	+ 67 %	+ 64 %	+ 56 %	+ 44 %	+ 36 %	± 0 %	-4 %	-27 %
Geforce GTX 1060/6G	+ 136 %	+ 87 %	+ 74 %	+ 71 %	+ 62 %	+ 50 %	+ 41 %	+ 4 %	± 0 %	-24 %
Radeon R9 390X	+ 144 %	+ 93 %	+ 79 %	+ 76 %	+ 67 %	+ 55 %	+ 46 %	+ 7 %	+ 3 %	-22 %
Radeon R9 390	+ 139 %	+ 89 %	+ 76 %	+ 73 %	+ 64 %	+ 52 %	+ 43 %	+ 5 %	+ 1 %	-23 %
Radeon R9 290X	+ 187 %	+ 127 %	+ 111 %	+ 108 %	+ 97 %	+ 83 %	+ 72 %	+ 27 %	+ 22 %	-8 %
Geforce GTX 970	+ 212 %	+ 147 %	+ 130 %	+ 126 %	+ 114 %	+ 99 %	+ 87 %	+ 38 %	+ 32 %	± 0 %
Radeon RX 570/4G	+ 219 %	+ 152 %	+ 135 %	+ 131 %	+ 119 %	+ 103 %	+ 91 %	+ 40 %	+ 35 %	+ 2 %
Geforce GTX 780 Ti	+ 254 %	+ 180 %	+ 160 %	+ 156 %	+ 143 %	+ 125 %	+ 111 %	+ 56 %	+ 50 %	+ 13 %
Geforce GTX 1050 Ti	+ 338 %	+ 246 %	+ 222 %	+ 216 %	+ 200 %	+ 178 %	+ 162 %	+ 93 %	+ 85 %	+ 40 %

System: Core i7-6800K @ 4,4 GHz (Ring/L3: 3,6 GHz), X99, 4 × 8 GiB DDR4-3000 (1T); Windows 10 x64

■ Leistungsverlust! ■ Plus 1–30 Prozent ■ Plus 31–50 Prozent ■ Über 50 Prozent

Geforce GTX 1050 Ti

Nvidias kleinster Pascal-Chip ist endlich im Niedrigpreissegment angekommen und somit attraktiv.

Eine Full-HD-taugliche Grafikkarte für weniger als 150 Euro: Das klingt fair – und das ist fair. Nvidias Geforce GTX 1050 Ti litt zwar nur wenig unter dem Kryptowährungs-Goldrausch, kletterte aber zwischenzeitlich auch über die 200-Euro-Marke. Nun ist Nvidias kleinster Pascal-Prozessor im 150-Euro-Bereich angekommen und liefert zu diesem Kurs ein ordentliches Preis-Leistungs-Verhältnis (PLV) mit einem PLV-Indexwert von 86,3 %. Das ist etwas schwächer als bei der Radeon RX 570 und RX 580 (siehe unten), die GTX 1050 Ti hat sich jedoch aus mehreren Gründen dennoch eine Empfehlung verdient. Erstens ist sie die einzige rundum gelungene Grafikkarte in diesem Preissegment: Sie bringt 4 GiByte Speicher mit, unterstützt alle modernen Features rund um Direct X 12, Vulkan, High Dynamic Range (das richtige Display vorausgesetzt) sowie Videobeschleunigung in Hardware. Selbstverständlich sollten Sie keine Wunder erwarten, im PCGH-Leistungsindex erzielt sie rund ein Viertel des Titan-Xp-Leistung, sodass Kompromisse bei den Grafikdetails notwendig sind, um hohe Bildraten zu erreichen – wer hingegen in Full HD mit 30–40 Fps zufrieden ist, stößt auf keinerlei Probleme. Zu guter Letzt spricht die konkurrenzlose Leistungsaufnahme für die GTX 1050 Ti, Einsteigervarianten benötigen unter Volllast lediglich 50 und 60 Watt.

Radeon RX 580

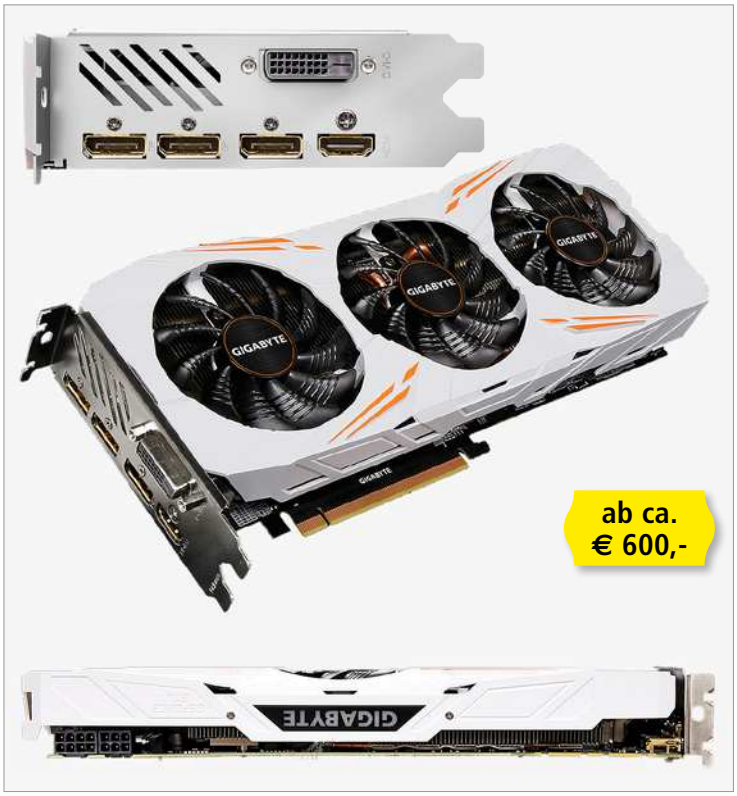
Die Polaris-Generation ist nicht mehr taufrisch, dank 8 GiByte und Preissenkungen aber die ideale Mittelklasse.

Beim PCGH-Preis-Leistungs-Index, welcher die Bildraten in Relation zum Preis setzt, führt die Radeon RX 570/4G mit 180 Euro das Feld an (PLV 100 %). Die AMD-Grafikkarte ist somit ein solides Aufrüstobjekt für ältere Computer, allerdings ohne die Fähigkeit, alle modernen Spiele mit maximalen Details zu stemmen. Treue PCGH-Leser wissen, dass wir unsere Empfehlungen immer mit Blick nach vorn ausrichten, wozu vor allem die Speicherkapazität zählt. Mit 4 GiByte werden Sie spätestens im Laufe des kommenden Jahres Kompromisse bei der Texturqualität eingehen müssen. Diese Falle umgehen Sie mithilfe einer etwas größeren Investition: Greifen Sie zu einer Radeon RX 580 mit 8 GiByte. Die günstigsten Modelle waren bei Redaktionsschluss schon ab 240 Euro zu haben, womit der PLV-Index 92,3 % erreicht wird. Das ist etwas schwächer als bei der RX 570/4G, allerdings kostet ein Sicherheitspuffer im Leben immer etwas mehr als der „Reicht knapp"-Deal. Die Investition sichert Ihnen unter anderem gute Bildraten in den neuen Spielen Shadow of the Tomb Raider und Call of Duty: Black Ops 4; diese Titel überfordern 4-GiByte-Grafikkarten. Beachten Sie dabei, dass die günstigsten RX-500-Modelle nicht unbedingt leise sind. Hier hilft wohldosiertes Undervolting im Radeon-Treiber („Wattman"-Menü).

Geforce GTX 1080 Ti

Noch vor wenigen Wochen war sie das Topmodell, das alle wollten. Jetzt, nach der Ablöse, ist sie günstig zu haben.

Man kann Nvidia zur Geforce GTX 1080 Ti nur gratulieren. Monatelang stand sie auf der Wunschliste unzähliger PC-Enthusiasten. Sieht man sich die Umfragen im PCGHX-Forum sowie Nvidias Quartalsergebnisse an, haben einige Leute zugeschlagen – kein Wunder, denn die GTX 1080 Ti erreicht in der nicht übertakteten Standardversion rund 93 Prozent der Titan-Xp-Leistung für deutlich weniger Geld. Nach der Ablöse durch die Geforce-RTX-Reihe wirkt die GTX 1080 Ti hingegen veraltet, was bei ihr und ihren Geschwistern einen Preisnachlass zur Folge hat. Schnäppchenjäger, aufgepasst: Mit etwas Glück fallen günstige Ti-Varianten im Laufe der kommenden Wochen deutlich unter die 600-Euro-Marke. Letztere wurde bereits Anfang September erreicht, womit die GTX 1080 Ti – gemessen an ihrer High-End-Konkurrenz – ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis aufweist. Pluspunkte sammelt die Karte für ihre 11 GiByte Speicher, welche auf absehbare Zeit (inklusive 2019) sorgenfreie Performance erlauben. Die RTX 2080 und RTX 2070 können das nicht von sich behaupten und sind als Founders Edition teurer als die 1080-Ti-Schnäppchen. Seien Sie sich jedoch bewusst, dass eine günstige GTX 1080 Ti wie Gigabytes Gaming OC trotz dreifacher Belüftung kein Meister der Stille ist – Dual-Slot-Designs sind mit der Abwärme überfordert. Undervolting oder ein Nachrüstkühler hilft.



Bilder: Gigabyte

Geforce RTX 2080 Ti

Dass die RTX 2080 Ti das Feld anführt, ist sicher. Die Frage ist nur, welcher Hersteller den höchsten Takt liefert.

Mit dem Start der Geforce RTX 2080 Ti rollt eine Welle los – beachten Sie dazu bitte die Abhandlung auf den folgenden Seiten. Die Boardpartner haben erste Eigendesigns veröffentlicht, schnitzen aber noch an den jeweiligen Topmodellen. Das hat einen Grund: Jeder möchte der Schnellste sein. Daher warten einige Hersteller mit dem Finalisieren der Taktraten auf die Veröffentlichung der Mitbewerber. Bei alldem gelten natürlich die Regeln der Physik: Die Karte mit dem besten Kühler und höchsten Powerlimit führt die Benchmark-Charts an. Wassergekühlte Modelle mit 300 Watt Leistungsaufnahme markieren somit die Leistungsspitze. Wir gehen nicht davon aus, dass die Partner im Auslieferungszustand über diese magische Grenze klettern werden, erwarten jedoch, dass sich in Tuning-Tools für manuellen Overclocking-Betrieb bis zu 375 Watt einstellen lassen, zumindest bei den bestgekühlten Modellen. Wer keine Fluidkühlung haben möchte, sollte sich nach Modellen mit reichlich Oberfläche umsehen. Ein heißer Kandidat für den besten Kühler ist MSIs Geforce RTX 2080 Ti Gaming X Trio – der Hersteller lieferte die GTX 1080 Ti mit einem ähnlichen Design aus und setzte sich damit an die Spitze des PCGH-Wertungssystems. Welches Modell am Ende siegt, wird die Zeit zeigen. Geduldige warten mit ihrer Entscheidung bis kurz vor Weihnachten.

Bilder: MSI, Zotac

Nvidia Geforce RTX

Ab dem 20. September startet die Geforce-RTX-Reihe mit dem Codenamen Turing. Nvidia verspricht nicht weniger als die „Grafik neu erfunden" zu haben.

So kennen wir Nvidia: Ein selbstbewusster Jen-Hsun Huang betritt die Bühne und versetzt Technik-Enthusiasten genauso zuverlässig in nervöse Erwartung wie einst Apple-Gründer Steve Jobs. So war es jedenfalls am 20. August, als Huang auf einem speziellen Event die neue Nvidia-Prozessorgeneration aus dem Ärmel seiner weltbekannten Lederjacke schüttelte.

G80 war gestern

Ampere, GTX 1180 und wie die Gerüchte alle hießen waren falsch – Nvidias Produktreihe des Jahres 2018 hört auf den Codenamen „Turing", benannt nach dem britischen Mathematiker Alan Turing. Nvidia spricht bei der neuen Architektur vom größten Meilenstein seit dem G80-Chip, besser bekannt als Geforce 8800 GTX, welcher 2006 vereinheitlichte Shader und Direct X 10 einführte. Um das angemessen zu erklären, präsentierte der Nvidia-CEO kurzerhand auch der versammelten Spielerschaft eine relativ technische Präsentation. Diese gab er bereits einige Tage zuvor beim Launch der Turing-Profi-Varianten zum Besten. Nvidias Botschaft ist klar: Grafik soll sich für immer verändern.

Pfeiler I: Raytracing

Seit 2008 forscht Nvidia verstärkt nach Möglichkeiten, um klassische Rasterisierung zu verbessern. Jenes Standardverfahren, um Echtzeitgrafik mit hohen Bildraten zu erzeugen, setzt, vereinfacht formuliert, auf Dreiecke, welche tapeziert, mit großem Aufwand nachbearbeitet und anschließend auf den Bildschirm projiziert werden. Damit lassen sich sehenswerte Ergebnisse erzielen, allerdings sind der damit erreichbaren Präzision Grenzen gesetzt. Das liegt primär an der Tatsache, dass traditionelle Beleuchtungsverfahren nichts mit dem realen Verhalten von Licht zu tun haben, sodass man es nachahmen muss. Entwickler und Content-Ersteller tricksen mithilfe von künstlichen Lichtquellen, vorberechneten Schatten, Fake-Reflexionen und vielen weiteren, mit den Jahren stetig verbesserten Kniffen, um den Anschein realistischer Grafik „aus einem Guss" zu erwecken. Das geht einfacher: mit Raytracing.

Dahinter steckt eine Technik, mit der Lichtstrahlen virtuell nachgebildet werden – mit allen Vorteilen. Tatsächlich gilt Raytracing seit Jahren als der „Heilige Gral" des Renderings. Wie das Trinkgefäß aus der Artus-Sage soll Raytracing die Gemeinschaft von Problemen befreien und stattdessen Glückseligkeit bringen. Da die Erzeugung und die Nachverfolgung (Tracing) virtueller Strahlen (Rays), welche mehrfach an Objekten abprallen (Bounces), extrem rechenaufwendig sind, scheiterte bisher jeder Versuch der Echtzeitanwendung.

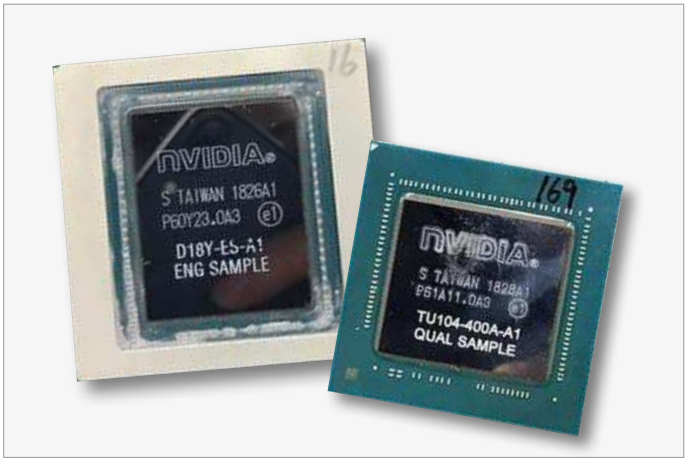
Nvidias Forschungsteams wollen mit Turing einen Durchbruch erzielt haben. Eine ausgeklügelte Mischung aus Hard- und Software ermöglicht Raytracing mit echtzeittauglichen Bildraten. Der Haupttrick dabei ist, dass nicht die komplette Bildberechnung mittels Raytracing erfolgt: Hybrides Rendering mit Rasterisierung und anschließender Raytracing-Aufwertung ist das Stichwort – „Augmented Rasterization" kombiniert die Raster-Effizienz moderner GPUs mit der Qualität von Raytracing.

Doch das ist nicht der einzige Kniff, um die enorme „Strahlenbelastung" zu reduzieren. Nvidia kratzte diesbezüglich nur an der Oberfläche, diverse Paper von Raytracing-affinen Entwicklern und Forschern offenbaren jedoch die (weitgehend gelösten) Herausforderungen. Besonders lehrreich ist die Präsentation der EA-Forschungsgruppe „Seed". Diese beschreibt Lösungsansätze für effiziente Reflexionen, Schattierung, Lichtbrechung und mehr. Unterm Strich geht es immer um die Frage, wie sich ein bestimmter Effekt in wenigen Millisekunden und somit flüssigen Bildraten umsetzen lässt. So erfordern flächendeckende Raytracing-Reflexionen eines Metallbodens beispielsweise 16 Rays pro Pixel, andernfalls sehen diese bröselig und hart aus. Das macht bei den gut 2 Millionen Pixeln der Full-HD-Auflösung bereits 32 Millionen Strahlen – pro Bild! Das mal 60 für eine entsprechende Bildrate ist … unmöglich. Seed hat sich daher für eine Lösung bei effektiv halber Auflösung entschieden – 1/4 Ray pro Pixel für Reflexionen, 1/4 Ray für reflektierte Schatten –, die randomisiert Strahlen schießt („castet"), um einen Streu-Effekt zu erzielen. Das ist um Größenordnungen schneller als die n-fache Strahlenzahl pro Pixel, allerdings – wenig überraschend – sehr ungenau.

In den folgenden Bearbeitungsschritten werden die Informationen clever räumlich und zeitlich verrechnet und gefiltert. Das Ergebnis kann sich angesichts der Tonnen an eingesparter Rechenzeit sehen lassen, wobei die Präzision (mehr Rays) jederzeit hochgefahren werden kann, wenn stärkere Hardware erscheint. All das muss auch für Globale Beleuchtung, Schatten, Refraktionen et cetera implementiert werden, wobei vor allem Lichtbrechung ein höheres Maß an alternierenden Strahlen braucht und sich daher nicht derart leicht optimieren lässt – wie gut, dass die Welt nicht nur aus Glasgefäßen und Wasser besteht. Falls Sie sich für weitere Informationen interessieren, sei Ihnen die Seed-Abhandlung unter www.pcgh.de/Seed ans Herz gelegt.

Das Thema könnte ganze Bücher füllen (bzw. tut es), daher belassen wir es einstweilen dabei. Nvidias Errungenschaften lassen sich mit zwei Worten zusammenfassen: Software-Algorithmen und dedizierte Hardware-Einheiten. Letztere, die RT-Cores, halten mit Turing Einzug. Dabei handelt es sich um Fixed-Function-Units, spezialisierte Einheiten, die sich primär um die Nachverfolgung der Strahlen kümmern. Ihre Aufgabe ist es, festzustellen, welche Strahlen wo auf Objekte stoßen. Auch dabei kommt eine Vereinfachung zum Tragen, die Software-Komponente: Anstatt jedes Polygon einzeln „abzuschießen", wird der Raum in größere Würfel aufgeteilt, die schneller Aufschluss über darin enthaltene Polygone geben. Interessierte füttern eine Suchmaschine mit dem Begriff „Bounding volume hierarchy" (BVH).

Nvidia gibt für das Turing-Topmodell, die Quadro RTX 8000, einen Durchsatz von bestenfalls 10 Giga-Rays pro Sekunde an, während die kleinste Variante 6 GR/s stemmt. Die Gaming-Ableger Geforce RTX 2080 Ti, RTX 2080 und RTX 2070 erzielen vergleichbare Durchsatzraten. Inwiefern die Leistung für flüssige Bildraten in den ersten



Bilder: der8auer via Facebook

Raytracing-Spielen reicht, muss sich noch zeigen. Beachten Sie dazu auch den entsprechenden Artikel in diesem Heft, welcher sich unter anderem mit der RT-Performance in Battlefield 5 und Shadow of the Tomb Raider befasst. Allem Anschein nach liegt das anfängliche Fps-Ziel bei 60 – in Full-HD-Auflösung, mit dem Turing-Topmodell. Wer mehr erwartet, sollte sich allmählich und trotz aller Tricks von dem Gedanken verabschieden.

Technische Spezifikationen: Turing neben Volta und Pascal

Modell	Geforce/Titan					
	RTX 2080 Ti	RTX 2080	RTX 2070	Titan V	Titan Xp	GTX 1080 Ti
Codename	TU102-300 „Turing"	TU104-400 „Turing"	TU106 „Turing"	GV100-400 „Volta"	GP102-450 „Pascal"	GP102-350-K1 „Pascal"
Fertigungsverfahren	12 nm FFN	12 nm FFN	12 nm FFN	12 nm FFN	16 nm FF+	16 nm FF+
Chipgröße (reiner Die)	754 mm²	545 mm²	445 mm²	815 mm²	471 mm²	471 mm²
Transistoren Grafikchip (Mio.)	18.600	13.600	10.800	21.100	12.000	12.000
Shader-/SM-/Textureinheiten	4.352/34/272	2.944/23/184	2.304/18/144	5.120/80/320	3.840/30/240	3.584/28/224
Raster-Endstufen (ROPs)	88	64	64	96	96	88
Tensor Cores	544	368	288	640	–	–
Leistung RT-Kerne (Giga-Rays/s)	~10	vmtl. ~8	vmtl. ~6	–	–	–
FP32-Rechenleistung (TFLOPS)	~14	~11	~7,5	~14,9	~12,2	~11,3
Speicheranbindung (Bit)	352	256	256	3.072	384	352
Geschwindigkeit RAM (GT/s)	14,0	14,0	14,0	1,7	11,4	11,0
Speichertyp	GDDR6	GDDR6	GDDR6	HBM gen2	GDDR5X	GDDR5X
Speicherübertragung (GB/s)	616	448	448	653	548	484
Übliche Speichermenge (GiByte)	11	8	8	12	12	11
Unverbindliche Preisempfehlung	1.259 Euro (1.199 USD)	849 Euro (799 USD)	639 Euro (599 USD)	3.200 Euro	1.299 Euro	819 Euro

Bemerkungen: Alle Angaben beziehen sich auf die Referenzkarten („Founders Edition" bei Geforce RTX, keine Partner-Boards).

Pfeiler II: AI

Raytracing ist nur eine Zutat der Turing-Architektur. Künstliche Intelligenz, Deep Learning und neuronale Netzwerke sind die andere. Aus der Perspektive eines reinen Spielers waren das bisher periphere Schauplätze, doch mit Turing möchte Nvidia die jahrelang angebauten Früchte ernten. Das Themengebiet ist komplex, grundsätzlich geht es jedoch darum, mithilfe von Superrechnern, lernenden Algorithmen und Petabytes an Daten von einer auf die andere Sache zu schließen. Der Fachbegriff dafür lautet Inferenz (Inferencing) – Schlussfolgerung. Diese lässt sich wunderbar mithilfe einer zweiten Sorte von spezialisiertem Rechenwerk durchexerzieren, den Tensor Cores. Diese kamen erstmals in Volta, Nvidias nicht als Gaming-Geforce erschienener Architektur, zum Einsatz. Turing bringt die Tensor-Kerne als Geforce RTX erstmals ins Gaming-Segment.

Diese Spezialeinheiten innerhalb des Turing-Kerns können verschiedene Datenformate unterschiedlich schnell behandeln, wobei der Einsatzzweck über die Präzision entscheidet. Zur Verfügung stehen 125 TFLOPS an FP16-Leistung (abgespeckte Gleitkomma-Berechnungen), 250 TOPs bei INT8 sowie 500 TOPS bei INT4 (je Ganzzahlenformate). Inferencing wird in der Regel mit INT8-Präzision durchgeführt, während moderne Spiele auf FP32-Formate setzen. Vergleicht man diese Durchsatzraten mit den traditionellen FP32-ALUs daneben, welche bei Turing bestenfalls 16 TFLOPS erreichen, fallen die Größenordnungen auf. Was macht man mit so viel Rechenkraft?

Die naheliegende Idee, normale Shader-Instruktionen aktueller Spiele über die Tensors laufen zu lassen, ist aus technischen Gründen nicht möglich, auch Crypto Mining nicht. Denoising ist das Stichwort. Wie erläutert, sparen aktuelle Raytracing-Implementierungen trotz der nun vorhandenen RT-Cores zahlreiche Rechenschritte ein, um interaktive Bildraten zu erzielen. Die dadurch entstehenden, bröseligen Lücken („noise") werden mithilfe von cleverer Software und den Tensor-Kernen entrauscht („denoised"). Somit greift ein Zahnrad in das andere – hochwertiges Hybrid-Raytracing wäre allein mit den vorhandenen RT-Kernen nicht flüssig und hübsch nutzbar.

Darüber hinaus eignen sich die Tensor-Kerne für unzählige weitere Anwendungszwecke, die derzeit noch in den Kinderschuhen stecken. Während Sie diese Zeilen lesen, schlussfolgern zahlreiche neuronale Netzwerke auf Nvidias Superrechnern, was das Zeug hält. Je mehr Daten, desto „schlauer" wird das Netz. Da das kaum greifbar ist, hier ein Beispiel: Sie füttern eine Deep-Learning-Struktur so lange gezielt mit Bildern, bis diese verstanden hat, was eine hohe, erstrebenswerte Auflösung und was hingegen unerwünschter Pixelbrei ist. Nun ist der Algorithmus in der Lage, ein in 8×8 (64) Pixeln verstecktes Gesicht nur durch Schlussfolgerung und vorherige Eingaben erkennbar auf 128×128 (16.384) Pixel hochzurechnen. Das Ergebnis wird nicht identisch mit der echten Aufnahme gleicher Auflösung sein, aber je nach Datenbasis sehr nah dran. Mit Deep-Learning-Anti-Aliasing (DLAA) hat Nvidia genau diese Idee in Spielen geplant: Supersample-AA in Echtzeit von den Tensor Cores beigesteuert, anhand von Schlussfolgerungen eines neuronalen Netzwerks – hochspannend!

DXR, NGX, RTX: WTF?

Hinter diesen für Turing relevanten Begriffen steckt das Software-Portfolio, um Raytracing- und AI-Funktionen abzurufen. DXR ist die offizielle Erweiterung von Direct X 12 durch Microsoft, um Raytracing-Funktionalität im Sinne eines Aufsatzes bestehender Rendering-Verfahren bereitzustellen. Radeon-GPUs können die entsprechenden Funktionen ebenfalls aufrufen, allerdings bislang ohne dedizierte Hardware. RTX ist nicht bloß Nvidias Bezeichnung für DXR-Kompatibilität, sondern beschreibt das komplette Funktionssortiment sowie entsprechende Entwicklungstools, darunter Raytracing in Direct 3D und Vulkan, Cuda und Physx. Die vielseitigen AI-Funktionen wie das erwähnte DLAA erfordern das Neural-Graphics-SDK (NGX), um gezielt mit den Tensor-Kernen zu kommunizieren.

RTX 2080 (Ti) im September

Sie haben es gewiss bemerkt: Bisher sind wir wenig auf die spezifischen Turing-Produkte eingegangen. Ursächlich dafür ist der Mangel testfähiger Karten bis Mitte September. Einzig die Rohdaten und hohen Preise (siehe Tabelle) waren bis Redaktionsschluss sicher. Das Topmodell ist die Geforce RTX 2080 Ti mit TU102-Chip. Sie verfügt über 11 GiByte GDDR6-Speicher sowie eine FP32-Rechenleistung von rund 14 TFLOPS. Das entspricht rund 15 Prozent mehr als bei einer Titan Xp und plus 25 Prozent gegenüber einer GTX 1080 Ti. Daneben gibt es noch die RTX 2080 auf Basis des kleineren TU104-Chips. Bezüglich dieser Karte zeigte sich Nvidia im Vorfeld etwas redseliger und verspricht eine Leistung auf Niveau der GTX 1080 Ti. PCGH-Benchmarks werden zeigen, in welchem Maße Turings Pro-Kern-Leistung aufgrund der Architekturänderungen sowie erhöhten Speichertransferrate und veränderten Cache-Struktur gestiegen ist. Die Fähigkeit, pro Takt parallel an FP32- und INT32-Aufgaben zu arbeiten, steigert die (Shader-) Schlagkraft laut Nvidia um bis zu 50 Prozent.

RTX 2070 im Oktober

Das preislich attraktivste Turing-Modell, die Geforce RTX 2070, lässt noch etwas auf sich warten. Die Basis dafür bildet ein dritter Turing-Chip, der TU106 (siehe Tabelle oben). 256-Bit-GDDR6 mit einer Kapazität von 8 GiByte, wie bei der RTX 2080, gelten als gesichert. Das ist überraschend, denn bei Pascal stattete Nvidia das 70er-Modell nur mit GDDR5- anstelle von GDDR5X aus, was auch zur unterschiedlichen Rohleistung gegenüber der 80er-Variante passt.

Nvidia spricht von einer Markteinführung im Laufe des Oktobers. Die unverbindliche Preisempfehlung beträgt 499 US-Dollar, in Euro umgerechnet und inklusive Steuern rund 520 Euro. Diese Summe dürfte vorerst nur bei den günstigsten Custom-Designs mit abgespeckten Kühllösungen erreicht werden. Die Founders Edition schlägt offiziell

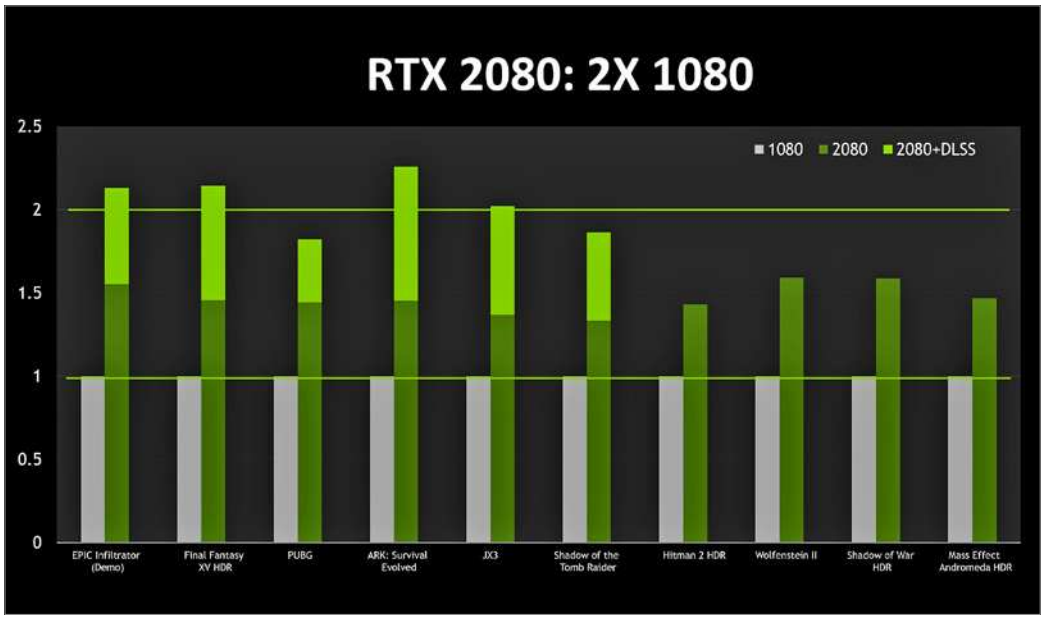


Bild: Nvidia

35 bis 60 Prozent höhere Bildraten erreicht die Geforce RTX 2080 laut Nvidia gegenüber der GTX 1080. Natürlich handelt es sich dabei um die Bestfälle für Turing. Wie sich das Plus durch DLSS ergibt, ist unklar – vermutlich wird eine geringere Auflösung mithilfe von Deep Learning und der Tensor-Kerne auf vergleichbare Bildqualität hochgerechnet.

mit 639 Euro zu Buche – ungefähr das Preisniveau der GTX 1080 zum Launch. Laut Nvidia soll die Turing-Grafikkarte dafür die Titan Xp und GTX 1080 Ti in Spielen schlagen. Tests werden zeigen müssen, für welche Bedingungen das gilt, denn rechnerisch und Architekturkniffe ausgeblendet verfügen die GP102-Chips über eine um 50 Prozent höhere FP32-Leistung. *(rv)*

Fazit PC Games Hardware

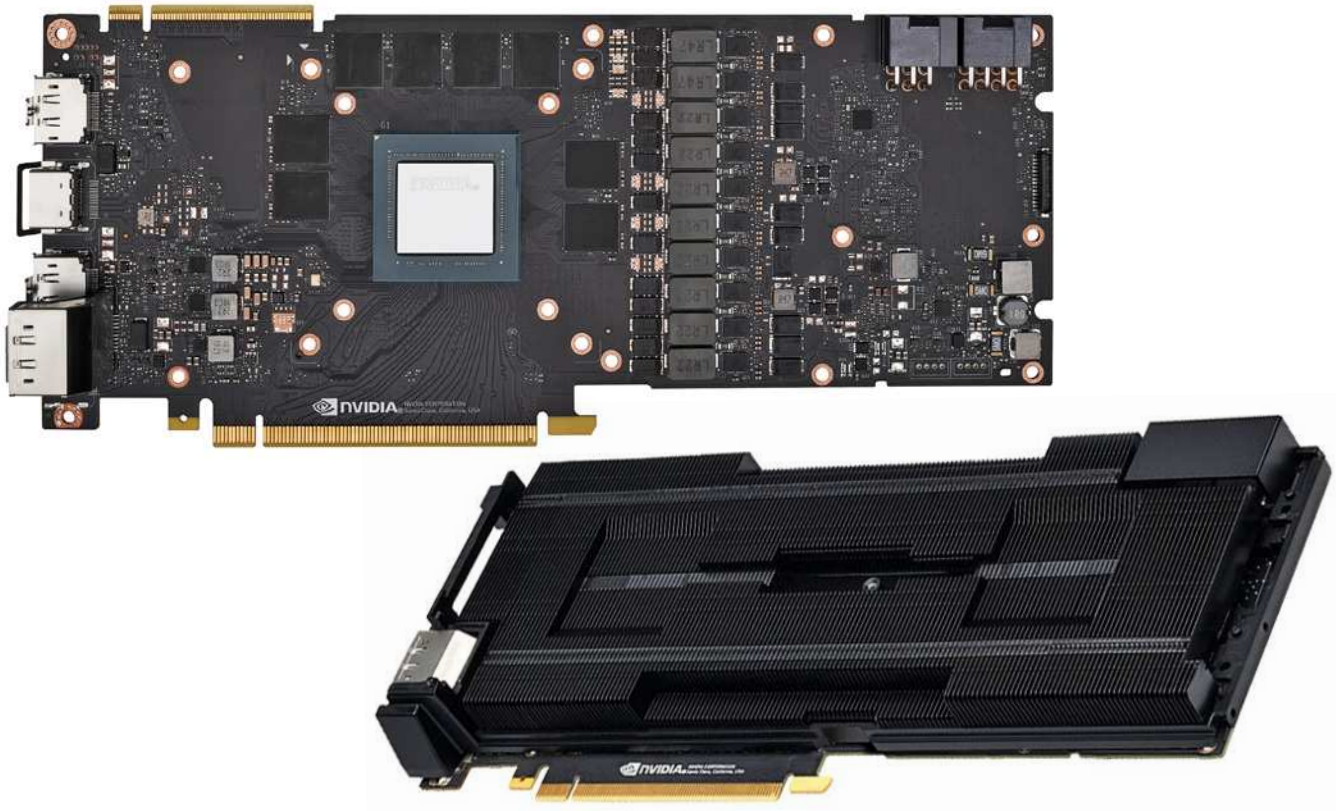
RTX-2000-Vorschau

Echtzeit-Raytracing, Bildverbesserungen durch AI und flüssiges 4K-HDR: Nvidias Versprechen sind vollmundig. Passend dazu rufen die Kalifornier vor Selbstbewusstsein strotzende Preise auf. Das High-End wird folglich nach oben ergänzt, während die Mittelklasse unangetastet bleibt. Warten Sie am besten auf die Flut der Partnerkarten.

Nvidia-Referenzdesign alias Founders Edition 2.0

Mit Turing wertet Nvidia seine Referenzdesigns, seit einigen Jahren „Founders Edition" genannt, in den Punkten Kühlung und Taktraten auf

Die neuen „Gründer-Editionen" sind wie gehabt teurer als die günstigsten Modelle der Boardpartner, bieten dafür aber mehr oder minder gewichtige Vorteile. Wer eine Founders Edition (FE) kauft, kann sich nun über werkseitiges Overclocking freuen. Nvidia nennt ein Plus von 90 MHz, womit vermutlich der Basistakt gemeint ist. Man könnte auch sagen, dass die kostenoptimierten Varianten von Asus, MSI, Gigabyte & Co. künstlich ausgebremst werden, um die FE mit werkseitiger Übertaktung zu bewerben. Gravierend ist diese Entscheidung nicht, denn die Auswirkungen sind bestenfalls messbar und wesentlich von der Stärke des Kühlers abhängig. Auch hier möchte Nvidia punkten: Erstmals setzen die Referenzkarten nicht mehr auf ein Radiallüfter-Design, sondern doppelte Axialbelüftung. Darunter befindet sich die laut Nvidia größte jemals auf einer Grafikkarte verwendete Vapor-Chamber (Verdampfungskammer). Wir konnten uns auf einem Nvidia-Event bereits davon überzeugen, dass selbst die Geforce RTX 2080 Ti Founders Edition unter Last leise arbeitet. Wie gut das in Zahlen ist und ob die abgespeckte RTX 2070 ebenfalls gut abschneidet, lesen Sie im Monatsheft der PC Games Hardware, sobald die RTX-Karten testreif sind.



Bilder: Nvidia

Drive at lightning speed

Portable SSD **X5**

externe Speicherlösung mit Thunderbolt™ 3

Extrem professionell – für entfesselte Leistung: Ausgestattet mit moderner Technik wie einem Thunderbolt™ 3-Anschluss und einer NVMe-Schnittstelle bietet die Samsung Portable SSD X5 beeindruckende Lese-/Schreibgeschwindigkeiten von bis zu 2.800/2.300 MB/s*. Dazu passt das dynamische, von einem Sportwagen inspirierte Design. Das robuste Gehäuse schützt die Portable SSD X5 vor Erschütterungen, während der optional aktivierbare Passwortschutz die Sicherheit Ihrer Daten ermöglicht.

* Die Leistungsfähigkeit kann in Abhängigkeit der Systemkonfiguration variieren. Für die maximalen Lese-/Schreibgeschwindigkeiten von 2.800/2.300 MB/s müssen das Host-Gerät und die Verbindungskabel Thunderbolt™ 3 unterstützen. Testkonfiguration: DellAlienware System (Dee i7 Alienware 17 RS), OS – Win10 x64,CPU – Intel® Core™ i7 8570H (bei 4,1 GHz), Arbeitsspeicher – DDR4, 16 GB 2667 MHz, BM Tool – CDM 5.1.2

Weitere Informationen über die Samsung PSSD XS erhalten Sie unter **www.samsung.com/X5**

SAMSUNG

LCD-Publikumslieblinge

Noch immer bieten WQHD-Monitore mit 144 Hz den bestmöglichen Kompromiss aus Stand- und Bewegtbildqualität. In diesem Test können Sie sich eines von 18 Modellen aussuchen.

WQHD mit 144 Hz Bildaktualisierungsrate bleibt vorerst der „sweet spot" aus Pixelmenge, Fläche und Reaktionsfreude. Wegen des ungebrochen hohen Interesses tragen wir hier alle unsere bisher getesteten Monitore aus der unter Spielern beliebtesten Nische in einer Übersicht zusammen.

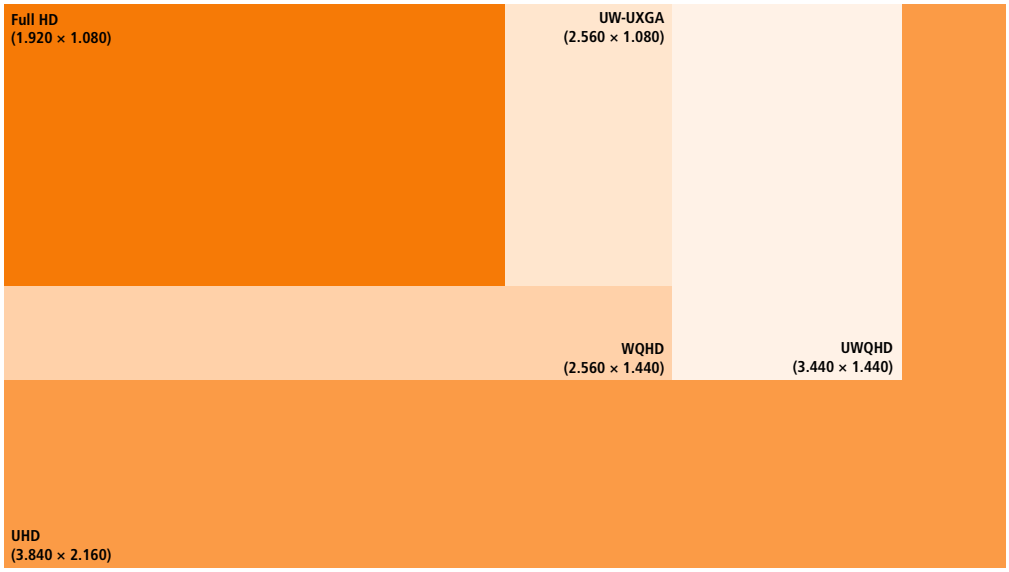
Warum ist die WQHD-Auflösung mit 144 Hz überhaupt der aktuell beste Kompromiss? Nun, das ist schnell erklärt: Die höhere 4K/UHD-Auflösung ist noch immer auf 60 Hz beschränkt – von einer unbezahlbaren Ausnahme mal abgesehen. Wer 2.500 Euro für einen Monitor ausgeben möchte, bekommt schon jetzt einen 27-Zöller mit UHD und 144 Hz. Außerdem erfordert UHD eine High-End-Grafikkarte, während in WQHD schon die Mittelklasse ab einer GTX 1070 oder Vega 56 gute, hohe Frameraten liefert. Der geschmeidigere Spielfluss ist es in der Regel wert, auf die etwas höhere Pixelmenge zu verzichten. Andererseits gibt es Full-HD-Monitore mit 240 Hz, deren ultimative Geschmeidigkeit mit der etwas antiquierten Auflösung und der schlechteren Bildqualität eines TN-Panels erkauft werden muss. Das lohnt sich ausschließlich für Multiplayer-Shooter, wo es um jede Millisekunde an Input-Lag ankommt. Einerseits ist das nur für professionelle E-Sports-Gamer relevant, andererseits sind auch 144-Hz-Panels durchaus shootertauglich. Außerdem ist hier die Panel-Vielfalt höher, also die Einschnitte in Sachen Bildqualität nicht ganz so gravierend.

Abgesehen von der Auflösung und von der Bildwiederholrate gibt es natürlich eine Reihe weiterer Merkmale, die einen guten Monitor ausmachen. Viele davon sind aber Geschmacks- oder Glaubensfragen, über die es sich streiten lässt und die letztlich jeder für sich selbst beurteilen muss. Beispielsweise die Bilddiagonale: 24, 27 oder 32

Aktuelle Bildschirmauflösungen im Vergleich

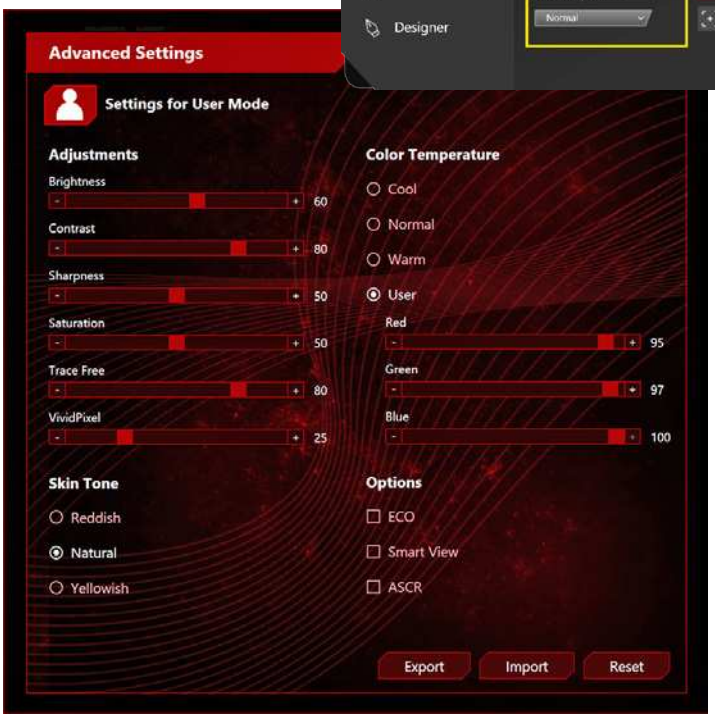
WQHD ist nicht nur preislich, sondern auch in der Größe die goldene Mitte unter den Auflösungen. In der Breite entspricht die Pixelzahl dem Ultrawide-Format in 1080p bzw. in der Höhe dem in 1440p.

Die WQHD-Auflösung verfügt über 77 % mehr Bildpunkte als Full HD. Die Pixeldichte ist bei gleicher Bilddiagonale also um ein Drittel höher. Anders ausgedrückt: Die Pixel sind um ein Drittel kleiner. Full HD ist noch immer die beliebteste Auflösung, allein die Menge an gelisteten Modellen im PCGH-Preisvergleich zeigt das. Noch immer gibt es mehr Full-HD-Geräte als alle anderen Auflösungen zusammen. Direkt dahinter kommt WQHD. Die vierfache 720p-Auflösung ist die einzige Alternative im 16:9-Format zwischen Full HD und Ultra HD.



Jedem Spiel automatisch eigene Monitor-Einstellungen zuweisen

Asus und MSI beweisen, dass ein guter Monitor mehr hat als ein gutes Panel, denn auch auf die B-Note kommt es an. Für die Freesync-Modelle beider Hersteller gibt es Windows-Apps, mit denen sich die Monitor-Einstellungen bequem mit dem Mauszeiger justieren lassen. Für Gamer ist außerdem ziemlich praktisch, dass diese Einstellungen individuell für jedes Spiel vorgenommen werden können. Die Profile lassen sich an die jeweilige Exe koppeln.



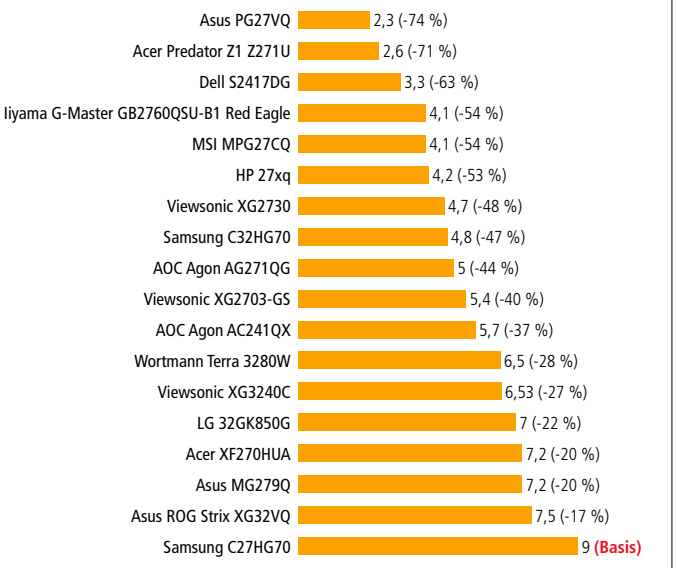
Sowohl Asus- als auch MSI-Monitore zeichnen sich durch zahlreiche Gaming-Merkmale aus. Nicht nur solche, die das Panel betreffen, etwa das Overdrive, den Schwarzwert-Regler oder die Low-Motion-Blur-Technik, sondern auch Gimmicks wie Fadenkreuze, ein Timer oder eine Fps-Anzeige, welche genau genommen die Bildwiederholrate des Displays und nicht die Framerate der GPU anzeigt.

Von den Apps für Tastaturen und Mäusen kennen wir bereits Konfigurationsprofile, die je nach Spiel individuell belegt und auch automatisch aktiviert werden können. Vorkonfigurierte und individualisierbare Bildprofile gibt es zwar auch bei nahezu jedem Monitor, doch zwischen denen darf man umständlich mit einer Tastenfummelei am Bildschirm herumschalten. Mit dem „Asus Display Widget" bzw. dem „MSI Gaming OSD" geschieht das automatisch. So kann mit einem Shooter beispielsweise Low Motion Blur aktiviert werden, während es auf dem Windows-Desktop nutzlos ist und schlimmstenfalls stört.

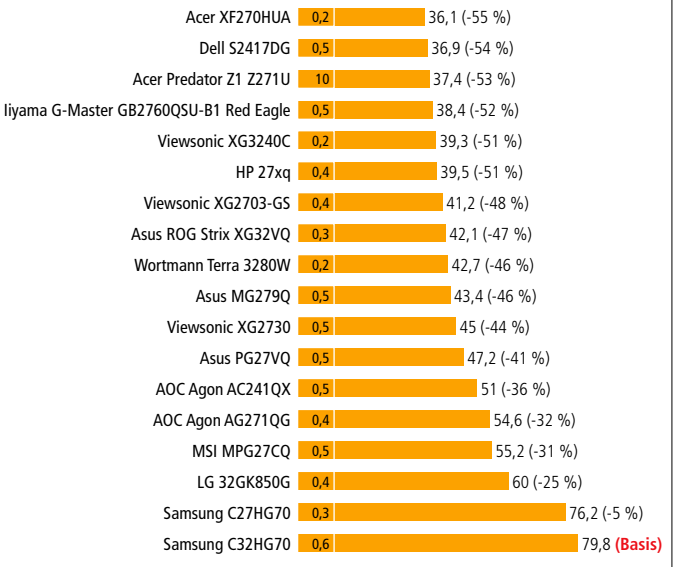
Beide Tools erfordern ein zusätzliches Kabel per USB zum Rechner und funktionieren nur an bestimmten Freesync-Monitoren, da der G-Sync-Scaler so einen externen Zugriff nicht erlaubt. Eine ähnlich komfortable Lösung zur Monitorsteuerung ist etwa eine Kabelfernbedienung, die keiner der hier getesteten Monitore bietet.

Reaktionszeit, Leistungsaufnahme, Kontrast

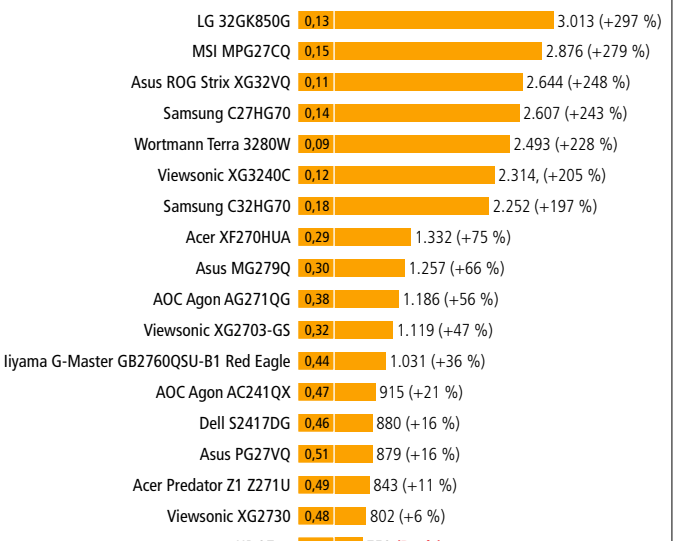
Durchschnittliche Reaktionszeit (Millisekunden; < besser)



Leistungsaufnahme in Watt (Watt; < besser; min./max.)



Kontrast (cd/m²; > besser; Schwarzwert/Kontrastverhältnis)



Reaktionszeitmessung: Fotodiode inkl. Verstärkerschaltung, Voltcraft DSO-1052 USB-Oszilloskop. Messung von 20 Farbwechseln **Farbmessungen:** Xrite i1 Pro Kolorimeter, Calman Color Checker, Agryll CMS

Siehe Benchmark ▶◀ besser

Zoll? Wie groß letztlich Ihre Mattscheibe sein darf, hängt etwa vom Sitzabstand oder der eigenen Gewohnheit ab. Unter den 24-Zöllern gibt es nur wenige WQHD-Modelle mit 144 Hz. Zwar ist die Pixeldichte hier recht hoch, aber auf 27 Zoll noch immer nicht zu niedrig, weswegen es in dieser Größe die meisten Panels und auch Modelle gibt. Mit einer Diagonale über 31,5 Zoll finden wir nur zwei verschiedene (VA-)Panels auf dem Markt – eines von AU Optronics und eines mit Quantum Dots von Samsung. Beide sind mit 1800er-Radius gekrümmt.

Lohnt sich G-Sync/Freesync?

Die variable Bildwiederholrate mit G-Sync bzw. Freesync ist das nächste Thema, das die Gamer spaltet. Das Feature verhindert Bildrisse (Tearing), die auftreten, da die Framerate schwankt, die Bildwiederholrate des Monitors aber in der Regel nicht. Mit G- bzw. Freesync variiert die Monitor-Frequenz mit der Framerate der GPU, wird also an sie angepasst. Das softwareseitige Vsync macht genau das Gegenteil, es zähmt die Framerate, aber auf Kosten eines oder einiger Frames an Input Lag. Je höher die Framerate, desto kürzer sind die Bildrisse und je höher die Bildwiederholfrequenz umso kürzer die Zeit, die sie sichtbar sind. Die Internetforen sind voll von Einschätzungen, ob die Bildrisse bei dreistelligen Bild(wiederhol)raten überhaupt noch stören.

Ist G-Sync den Aufpreis von Nvidia wert? Unserer Ansicht nach schon, wenn Sie den Monitor mit einer Geforce-GPU betreiben und zu Ihrem aktuellen Oberklasse-System einen ebensolchen Monitor haben möchten. Das Display muss zum Rechner passen, andernfalls kastrieren Sie seine Grafikleistung. Denn was nützt die beste Grafikkarte, wenn der Monitor die Pracht nicht anzuzeigen vermag. Als Faustregel dient hier die Preisklasse: Ist der Monitor deutlich günstiger als Ihre Grafikkarte, verpulvern Sie mit Sicherheit ihr Potenzial. Sparen Sie also nicht am falschen Ende. Bis zu einer GTX 1060 oder RX 580 bleibt man besser bei Full HD und investiert in einen guten wie günstigen Monitor, etwa den Samsung C24FG70/FG73. Ab einer GTX 1070 kann man an WQHD denken, dann sollte aber konsequent in ein gutes Gerät investiert werden. Etwa in ein solches mit nativen 8 Bit und mit G-Sync/Freesync. Alles zwischen diesen beiden Optionen, etwa ein günstiges TN-Panel mit teurem G-Sync ist eher ein schlechter Kompromiss.

Acer Predator Z1 Z271U: TN-Panels sind spätestens jetzt keine Billigheimer mehr. Schon im Frühjahr haben wir uns gefragt, warum Asus beim PG27VQ für ein TN-Panel 850 Euro verlangt. Sind die denn wahnsinnig? Ja, sind sie, denn die Qualität war beeindruckend. Kontrast und Farbentreue, die man nur von IPS kennt, aber trotzdem so schnell und schlierenfrei wie von einem TN-Panel gewohnt. Die Panels sind nicht mit den anderen hier getesteten TN-Monitoren vergleichbar, die nur ca. halb so viel kosten. Acer nutzt in seinem Predator Z1 Z271U das gleiche (gekrümmte) Panel und auch hier gibt es auf mittlerer Overdrive-Stufe so gut wie keine Schlieren, also eine beeindruckende Bewegtbildqualität. Damit eignen sich die beiden Modelle für Gamer, die hauptsächlich schnelle Multiplayer-Shooter spielen und gleichzeitig keine Kompromisse in der Bildqualität eingehen möchten, die ansonsten schnelle E-Sport-Monitore mit Full HD und kontrastarmem TN-Panel mit sich bringen. Von der Optik abgesehen sind Acer und Asus nahezu identisch, weswegen sie auch dieselbe Testnote einheimsen. Der Acer Z1 ist jedoch gut 100 Euro günstiger als der Asus PG27VQ. Trotzdem sind 700 Euro noch immer recht viel, selbst für einen guten Gaming-Monitor. So viel kosten auch vergleichbare VA- und IPS-Modelle bzw. sie sind leicht günstiger und mit einem Hauch besserer Bildqualität die besseren Allrounder.

Viewsonic XG2703-GS: Schnelles IPS-Panel ohne Kompromisse. Kurze Reaktionszeiten und IPS-Panels sind mittlerweile kein Widerspruch mehr – ebenso wie TN-Panels mit passabler Bildqualität. Beide Techniken scheinen ihre Nachteile immer mehr abzubauen und die Unterschiede zwischen den Panel-Arten werden zunehmend geringer. Mit dem relativ schnellen und gleichermaßen schönen Panel gründet der Viewsonic-Monitor zusammen mit den anderen Modellen ähnlicher oder gleicher Panel den „sweet spot" in der WQHD-144-Hz-Nische. Direkte Konkurrenz mit gleichem Panel gibt es von Acer und Asus, aber auch durch den AOC Agon AG271QG, welcher bei gleicher Ausstattung gut 50 Euro günstiger ist. Mit ca. 650 bis 700 Euro sind die schnellen IPS-Monitore nicht

ganz billig. Dafür bieten sie aber auch durch die Bank eine scheinbar kompromisslose Qualität. Scheinbar deswegen, weil in der Praxis IPS-Panels häufig vom sogenannten Backlight Bleeding betroffen sind, Je nach Exemplar können fertigungsbedingt störende Lichthöfe auftreten. Der Monitor-Kauf kann somit zum Retoure-Abenteuer in mehreren Akten werden. Wer dieses Risiko minimieren möchte, plant besser gleich mit einem TN- oder VA-Panel.

Iiyama GB2760QSU Red Eagle: Einstieg in die WQHD-Königsklasse. TN-Panels, waren das nicht die Billigteile unter den Gaming-Monitoren? Richtig, das waren sie, sind es aber nicht mehr unbedingt. Mittlerweile ist die Bildqualität aktueller TN-Monitore nicht mehr ganz so schlecht wie ihr Ruf, was auch der Test des Iiyama GB2760QSU Red Eagle zeigt. Die alte einfache Bauernregel „IPS ist hui, TN ist pfui" gilt nicht mehr uneingeschränkt. Ein Grund, warum TN-Panels oft als subjektiv schlecht(er) empfunden wurden, ist der lausige Schwarzwert und Kontrast. Der Red Eagle aber übertrifft leicht die 1.000:1 – IPS-Panels sind hier nicht unbedingt besser. Nur VA-Panels kommen auf Kontrastwerte über 2.000:1. Die Blickwinkelstabilität ist hier bei Weitem nicht mehr so schlecht, wie man es von älteren Panels kennt. Leider kann das Panel nativ nur eine Farbtiefe von 6 Bit darstellen und nutzt Framerate Control (FRC), um die 16,7 Mio. Farben der 8-Bit-Tiefe darzustellen. Im direkten Vergleich eines Panels mit nativen 8 Bit ist ein Qualitätsunterschied noch sichtbar. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist bei den aktuell ca. 400 Euro sicherlich nicht schlecht, wird aber stellenweise von der Konkurrenz überboten: Der Viewsonic XG2730 etwa ist nahezu identisch in Ausstattung, Preis und Leistung, verfügt aber über eine native Farbtiefe von 8 Bit. Ebenso der Acer XF270HUA, der zum fast gleichen Preis schon ein IPS-Panel bietet. Der einzige Grund, diesen nicht dem Iiyama vorzuziehen, ist die „Panel-Lotterie". Unter IPS-Panels schwankt die Qualität fertigungsbedingt stärker als bei VA- oder TN-Panels. Bei Letzteren kann man daher entspannter zugreifen.

HP 27xq: Günstiger geht's nicht. Der HP27xq ist einer der neuesten Modelle im Test und zum Redaktionsschluss zwar schon im Preisvergleich gelistet, aber noch nicht verfügbar. Während das obere Ende der WQHD-144-Hz-Nische an qualitativ guten (und ca. doppelt so teuren) Monitoren bereits abgesteckt scheint, haben die großen Marken dieses Jahr Einsteigermodelle angekündigt. Bislang war der „Rote Adler" von Iiyama der günstigste Monitor. Seit er aber Konkurrenz bekommt, in diesem Test von HP, fällt auch er im Preis. Der 27xq ist für aktuell 340 Euro gelistet und wird sicherlich im Straßenpreis noch fallen. Im Test liefert der Monitor ein erwartetes Bild ab. Recht hohe Maximalhelligkeit mit bis zu 400 cd/m², geringer Input Lag, schnelle Reaktionszeiten, die aber von guten IPS- und VA-Panels ebenso erreicht werden. TN-bedingt ist der Kontrast von ca. 760:1 nicht besonders hoch. Dieser und die schlechte Blickwinkelstabilität sind die Abstriche bei diesem günstigen Preis. Wie eingangs schon erwähnt, tun wir uns schwer mit solchen Kompromiss-Monitoren. Wer aufs Geld schauen muss, spart lieber an der Auflösung und nicht an der Bildqualität.

MSI Optix MPG27CQ: Innovative Ausstattung macht den MSI-Monitor so einzigartig. Bislang haben wir TN- und IPS-Monitore beschrieben. Fehlt nur noch VA („vertical aligned") in der Dreifaltigkeit der Panel-Techniken. VA zeichnet sich durch einen niedrigen Schwarzwert und damit deutlich höheren Kontrast aus. Während IPS und TN in der Regel um die 1.000:1 schwanken, kann ein VA-Panel einen Kontrast zwischen 2.000:1 und 3:0001 vorweisen. Das sorgt für ein knackiges, sattes Bild und erhöht subjektiv die Bildqualität. Farbtreue und Farbraumabdeckung sind eher für professionelle Grafiker anstatt für den Gamer relevant. Sollte ein Farbstich dennoch sichtbar sein, kann dieser auch ohne Kolorimeter manuell ziemlich einfach ausgepegelt werden. Die Reaktionszeiten der VA-Panels entsprechen im Durchschnitt in etwa denen der IPS-Bildschirme. Sie schwanken etwas stärker – einige VA-Panels haben hier Ausreißer in dunklen Farbwechseln, wie in der Tabelle auf der übernächsten Seite auch ersichtlich. Nicht so aber der MSI-Monitor, er liefert relativ kurze Reaktionszeiten ab. Die Taiwaner haben es leider mit dem Overdrive zu gut gemeint, das ein dickes Ghosting hinterlässt, welches auch die Low-Motion-Blur-Technik nicht kompensieren kann. Die Option lässt man lieber deaktiviert und lebt besser mit den recht mittelmäßig starken Schlieren. Während das Panel sich mittelmäßig bis gut schlägt, kann der Monitor mit einigen Features punkten: Zum einen die Softwaresteuerung, die wir ausführlich auf der vorletzten Seite beschrieben haben. Zum anderen die RGB-Leiste am unteren Rand. Sie hat weitaus mehr Funktionen, als den Gamer mit einem RGB-Regenbogenstreifen zu beglücken. Per Steelseries-App kann sie in bestimmten Spielen auch als Munitions- oder Lebensbalken fungieren. Mittlerweile ist der Monitor nicht mehr ganz so überteuert und man bekommt für 600 Euro ein gutes Gerät mit einigen Gimmicks.

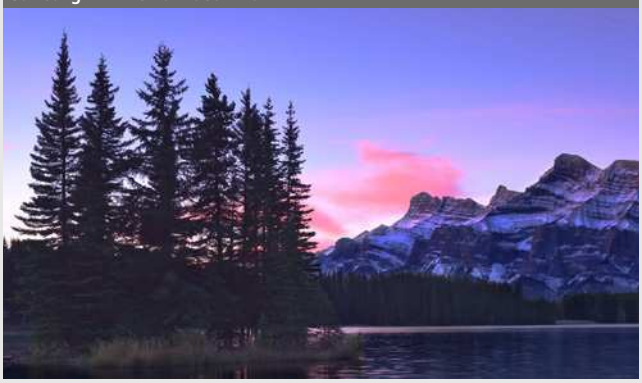
Samsung C27HG70 und C32HG70: Immerhin ein Bisschen HDR unter den 144ern. Die Samsung-Monitore unterscheiden sich von ähnlicher Konkurrenz allein schon deswegen, weil der Konzern seine eigenen Panels herstellt. Sie werden also nicht etwa bei AU Optronics oder LG Display eingekauft. Während etwa alle anderen vier 32-Zöller über das gleiche AUO-Display verfügen, verbaut Samsung beim C32HG70 ein Panel, das schon laut Datenblatt etwas besser ist. Es handelt sich zwar auch hier um ein VA-Panel, der Unterschied ist aber die Quantum-Dot-Schicht auf der Hintergrundbeleuchtung, die für eine bessere Farbdarstellung sorgen soll. Das können wir bestätigen. Kalibriert haben die HG70-Monitore die beste Farbtreue unter allen „144ern". Zum Geheimtipp für professionelle Bildbearbeiter würde den Monitoren dann noch eine bessere Farbraumabdeckung fehlen. sRGB wird immerhin vollständig abgedeckt, der professionelle AdobeRGB aber mit nur ca. 70 Prozent. Samsung nennt seine Quantum-Dot-Panels „QLED" – nicht zu verwechseln mit OLED(-TVs). Bei

HDR-Bildvergleich

Unter den Monitoren setzt sich HDR nur langsam durch. Unter den 144ern mit WQHD-Aufösung bieten nur die beiden HG70-Monitore von Samsung eine HDR-Darstellung, die mit der mittleren Stufe Display HDR 600 und mit Freesync 2 HDR zertifiziert ist. Auch wenn das ganz klar nicht in derselben Liga mit dem 1000er-HDR spielt, das wir von Fernsehern und (deutlich teureren) Monitoren, etwa solchen mit G-Sync HDR, kennen, HDR ist hier kein Killer-Feature, sondern eher das i-Tüpfelchen eines ansonsten trotzdem guten Monitors.

Samsung HDR-Demo-Video: ohne HDR

Samsung HDR-Demo-Video: mit HDR



den Monitoren hier handelt es sich noch immer um LCDs mit Hintergrundlicht. Wir haben bereits in der Ausgabe 01/2018 den C32HG70 getestet. Uns gefiel schon damals nicht, dass er eine PWM-Dimmung beim Hintergrundlicht nutzt. Das Flimmern über 340 Hz ist zwar weit über einer sichtbaren Frequenz, doch es ist nicht sicher, ob das die Augen noch immer schneller ermüden lässt. Umso mehr überraschte uns jetzt der Test des C27HG70, der eine Gleichspannung zur Helligkeitsregulierung nutzt – so wie eigentlich jeder Flicker-free-Monitor. Wir haben eigentlich ein ähnliches Testergebnis beim 27er erwartet, aber es gibt einige kleine, feine Unterschiede zum 32-Zöller. So fiel etwa die Reaktionszeit nicht ganz so gut aus, weswegen er in Bewegungen etwas stärker schliert. Beide verfügen auf schnellster Reaktionszeitstufe über eine Low-Motion-Blur-Technik, wodurch das Hintergrundlicht synchron mit der Bildwiederholrate flimmert und dadurch die Schlieren nahezu komplett ausblendet. Darüber hinaus unterstützen die HG70-Monitore nach wie vor als einzige Modelle auf dem Markt Freesync 2 HDR. Das halten wir zwar nicht für ein „Killer-Feature“, nimmt man aber gerne für den aktuell fairen Preis der beiden Modelle mit.

Asus ROG Strix XG32VQ: Kontraststarkes VA-Panel mit Software-Steuerung. Mit Ausnahme des Samsung-Monitors scheinen alle anderen 31,5-Zoll-Monitore das gleiche VA-Panel von AU Optronics zu haben. Dafür sprechen die ziemlich ähnlichen Panel-Eigenschaften, allen voran die Reaktionszeit mitsamt der Schwäche in dunklen Farbwechseln, wo die Schlieren deutlicher ausfallen als in hellen Bewegtbildern. Davon abgesehen gefällt uns der VA-typische hohe Kontrast, der durch den niedrigen Schwarzwert ermöglicht wird. Auch in Sachen Input Lag oder in der gleichmäßigen Ausleuchtung leistet sich das Panel keine Schwächen. Von den anderen Monitoren unterscheidet sich der Asus natürlich im Design: ROG-typisch leuchtet hier der Standfuß die Tischfläche rot an. Wie alle Gaming-Monitore von Asus hat auch der XG32VQ einige Gimmicks parat, etwa das einblendbare Fadenkreuz, den Hz-Counter und einen Timer. Zudem mögen wir das übersichtliche OSD-Menü und den komfortablen Fünf-Wege-Stick, der die Bedienung einfach macht. Noch komfortabler ist nur das Asus Display Widget, wie auf vorherigen Seiten beschrieben. Verglichen mit den Modellen mit gleichem Panel kostet der XG32VQ circa einen Hunderter mehr.

Wortmann Terra LED 3280W: Deutscher Monitor mit bürotauglichem Design. Während die großen asiatischen Marken ihre Gaming-Monitore entsprechend extravagant gestalten, könnte der weiß-silberne Terra LED 3280W des relativ unbekannten deutschen Familienunternehmens Wortmann in einer Zahnarztpraxis stehen. Aber auch hier handelt es sich um das 31 Zoll große 144-Hz-VA-Panel, das wir schon im Asus XG32VQ, im LG 32GK850 und im Viewsonic XG3240C vorgefunden haben. Alle Vor- und Nachteile, etwa starker Kontrast oder Schlieren in dunklen Farbwechseln, also auch hier. Lediglich das Overdrive-Niveau fällt nicht ganz so aggressiv aus. Trotz höchster Stufe tritt kein Ghosting bzw. Corona-Effekt auf und die Schlieren werden nur mäßig reduziert – sie kann also dauerhaft aktiviert sein. Die maximale Helligkeit fällt relativ, aber nicht zu niedrig aus. Der Standfuß des Monitors erweist sich als nicht ganz so flexibel, wie man es von den meisten Mittelklasse-Monitoren gewohnt ist. Es fehlt etwa eine Höheverstellbarkeit oder die Schwenkmöglichkeit um die Vertikale. Außerdem vermissen wir einen USB-Hub, über den heutzutage fast jeder Monitor verfügt. Die Pivot-Funktion, also der Hochkant-Betrieb, fehlt übrigens bei jedem der 31,5-Zoll-Monitore, wäre wegen der 1800R-Krümmung auch nicht praktikabel. Entsprechend den Abstrichen in der B-Note ist der Wortmann-Monitor mit ca. 490 Euro relativ günstig. Im gleichen Preisbereich bietet die Konkurrenz aber mit einem AOC Agon AG322QCX oder Acer XZ1 XZ321QU einfach etwas mehr Flexibilität *(mc)*

Fazit

Sweet Spot

Während sich viele Modelle das gleiche Panel teilen, kommt es meist auf Details an, welcher Monitor mit welcher Größe sich am besten eignet. 27 Zoll hat sich hier als Mainstream-Größe herauskristallisiert und bietet eine gute Pixeldichte. Die Tests haben außerdem bewiesen, dass TN-Panels keine schlechte Bildqualität mehr besitzen oder IPS-Panels über lahme Reaktionszeiten verfügen müssen.

Der Schnellste: Asus PG27VQ
TN-Reaktion, aber „schön“ wie IPS

Nach wie vor führt der Asus PG27VQ das Ranking der schnellsten Reaktionszeiten mit dem Schnitt von nur 2,3 ms an. Auf Platz 2 ist der Acer Z1 Z271U mit gleichem Panel und 2,6 ms direkt dahinter. Ansonsten sind nur die Shooter-Panels mit 240 Hz ähnlich schnell und demnach schlierenarm in Bewegungen. Im Gegensatz zu diesen aber bieten der PG27VQ und der Z1 Z271U für TN-Panels beeindruckende Farbqualität und Blickwinkelstabilität, die durchaus mit IPS-Panels vergleichbar sind. Das G-Sync-Modul hat Nvidias Low-Motion-Blur-Technik ULMB an Bord, wodurch das Bewegtbild noch mal etwas schärfer wird. Der Nachteil dabei ist nur, dass dadurch der Bildschirm flimmert, wenn auch nicht sichtbar. Bei derart geringen Schlieren wird ULMB unserer Ansicht nach hier auch kaum benötigt.

Der Schönste: Samsung C32HG70
Quantum Dots sind klar im Vorteil

Es ist der gute Kontrast eines VA-Panels, der unserer Ansicht nach die Farben knackig werden lässt und die subjektive Bildqualität maßgeblich beeinflusst. Die anderen 32-Zöller verfügen alle über eine VA-Panel von AUO. Von diesem unterscheidet sich das Samsung-Panel mit den zusätzlichen Quantum Dots, welche für eine bessere Farbtreue sorgen – auch wenn diese Kriterien eher für Video- und Bildbearbeitung interessant sind als für den Gamer. Kalibriert kommen beide Panels auf die beste Farbtreue aller hier getesteten Modelle. Außerdem sind es die einzigen mit HDR, wenn auch nur bis zur Spitzenhelligkeit von ca. 600 cd/m² und mit nur acht Dimming-Zonen, aber immerhin ohne Aufpreis.

WQHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle
mit 30 Wertungskriterien

	31,5 Zoll	31,5 Zoll	31,5 Zoll	31,5 Zoll	31,5 Zoll
Produktname	**C32HG70**	**32GK850G**	**ROG Strix XG32VQ**	**XG3240C**	**Terra 3280W**
Hersteller	Samsung	LG	Asus	Viewsonic	Wortmann
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 600,-/Befriedigend	Ca. € 700,-/Befriedigend	Ca. € 590,-/Befriedigend	Ca. € 490,-/Befriedigend	Ca. € 480,-/Befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1620985	www.pcgh.de/preis/1742717	www.pcgh.de/preis/1722456	www.pcgh.de/preis/1759365	www.pcgh.de/preis/1848757
Ausstattung (20 %)	**1,53**	**1,78**	**1,58**	**1,88**	**1,73**
Anschlüsse	2× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2,, 2x USB 3.0	1× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2 , 3× USB-A 3.0	1x HDMI 2.0, 1x Displayport 1.2, 1x mDP 1.2, 2× USB-A 3.0	1× Displayport 1.4, 2× HDMI 2.0, 4× USB 3.0	1x DVI, 1x HDMI 1.4, 1x Displayport 1.4, Audio-In
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/93,2 ppi	2.560 × 1.440/93,2 ppi	2.560 × 1.440/93,2 ppi	2.560 × 1.440/93,2 ppi	2.560 × 1.440/93,2 ppi
Panel-Typ/Diagonale	VA/77,2 cm	VA/77,2 cm	VA/77,2 cm	VA/77,2 cm	VA/77,2 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Intern/100 x 100 (via Adapter)	Extern/100 × 100 (belegt)	Extern/100 x 100 (belegt)	Extern/100 × 100 (belegt)	Intern/100 x 100 (belegt)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	9,6 kg/116 cm × 72 cm × 42 cm	8,5 kg/72 cm × 60 cm × 27 cm	9,2 kg kg/72 cm × 59 cm × 30 cm	9,8 kg/72 cm × 47 cm × 26 cm	6,1 kg/72 cm × 42 cm × 8,5 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverstellbar	Ja/-5°,15°/15 cm	Ja/-5°,15°/10 cm	Nein/+20°/-5°/10 cm	Ja/+15°/-5/8 cm	Nein/+15°/-5°/-
Garantie	2 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	2 Jahre (Pick-up & Return)	2 Jahre (Pick-up & Return)
Sonstiges/Zubehör	8 Dimming-Zonen, Display HDR 600 (Freesync 2 HDR)	Dünner Rand, RGB-Ring an der Rückseite, Steuerkreuz,	Hz-Counter, Fadenkreuz, Timer, Standfuß-Beleuchtung, program-mierbare Software	Steuerkreuz, Lautsprecher, HDR10	Steuerkreuz, 2× 3-Watt-Laut-sprecher
Eigenschaften (20 %)	**2,21**	**1,99**	**2,06**	**2,04**	**2,16**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	48-144 Hz/Freesync	30-165 Hz/G-Sync	48-144 Hz/Freesync	48-144 Hz/Freesync	31,5-144 Hz/Freesync
Farbtiefe/Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	2251:1/0,2 cd/m²	3013:1/0,1 cd/m²	2643:1/0,1 cd/m²	2313:1/0,1 cd/m²	2493:1/0,1 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	79,8 Watt/0,5 Watt	60 Watt/0,6 Watt	42,1 Watt/0,4 Watt	39,3 Watt/0,3 Watt	42,7 Watt/0,2 Watt
Leistung (60 %)	**1,30**	**1,56**	**1,71**	**1,80**	**1,94**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	10,8 ms	15,4 ms	10,5 ms	10,9 ms	11,1 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	3	5,4	2,8	2,3	3,3
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	4,8 ms (1,3-10,4 ms)	7 ms (3,7-25,2 ms)	7,5 ms (2,7-23,3 ms)	6,5 ms (3,4-18,8 ms)	6,5 ms (2,7-20,2 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	400,8 cd/m², Bis 4 %	382,7 cd/m², Bis 7 %	296,1 cd/m², Bis 11 %	273 cd/m², Bis 6 %	219,4 cd/m², Bis 9 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Sichtbar/Wenig	Wenig/Keine	Sichtbar/Keine	Wenig/Keine	Sichtbar/Keine
FAZIT	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊕ Low-Motion-Blur-Technik ⊖ PWM-Dimming mit 340 Hz	⊕ Hoher Kontrast ⊕ Gleichmäßige Ausleuchtung ⊖ Relativ teuer	⊕ Guter Kontrast ⊕ Fadenkreuz,Counter und Timer ⊖ Schliert in dunklen Farben	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊕ Guter Overdrive ⊖ Unübersichtliches OSD	⊕ Gute Bildqualität ⊕ Hoher Kontrast ⊖ Schliert in dunklen Farben
	Wertung: **1,53**	Wertung: **1,69**	Wertung: **1,75**	Wertung: **1,86**	Wertung: **1,94**

WQHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle
mit 30 Wertungskriterien

	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll
Produktname	**Predator Z1 Z271U**	**ROG Swift PG27VQ**	**XG2703-GS**	**XG2730**	**XF270HUA**
Hersteller	Acer	Asus	Viewsonic	Viewsonic	Acer
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 690,-/befriedigend	Ca. € 800,-/ausreichend	Ca. € 700,-/befriedigend	Ca. € 450,-/befriedigend	Ca. € 430,-/gut
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1807889	www.pcgh.de/preis/1705548	www.pcgh.de/preis/1504306	www.pcgh.de/preis/1681463	www.pcgh.de/preis/1528218
Ausstattung (20 %)	**1,83**	**1,83**	**1,58**	**1,88**	**1,83**
Anschlüsse	1x HDMI 2.0, 1x Displayport 1.2, 4× USB 3.0	1× HDMI 1.4, 1× Displayport 1.2, 2× USB-A 3.0	1× Displayport 1.2, 1× HDMI 2.0, 4× USB 3.0	1× HDMI 2.0, 1× HDMI 1.4, 1× DP 1.2, 2× USB-A 3.0, 2× USB-A 2.0	1× HDMI 1.4, 1× Displayport 1.2 , 4× USB 3.0
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi
Panel-Typ/Diagonale	TN/66,2 cm	TN/66,2 cm	IPS/66,2 cm	TN/66,2 cm	IPS/66,2 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Extern/100 x 100 (belegt)	Extern/100 × 100 (belegt)	Extern/100 x 100 (belegt)	Extern/100 x 100 (belegt)	Intern/100 × 100 (belegt)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	8,5 kg kg/62 cm × 52 cm × 27 cm	8,5 kg kg/62 cm × 52 cm × 27 cm	7 kg kg/63 cm × 54 cm × 25 cm	7 kg/63 cm × 54 cm × 25 cm	8,1 kg kg/63 cm × 40 cm × 25 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverstellbar	Nein/+25°/-5°/11 cm	Nein/+20°/-5°/10 cm	Ja/+15°/-5°/10 cm	Ja/-5°,15°/10 cm	Ja/+35°/-5/15
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	2 Jahre
Sonstiges/Zubehör	ULMB, 2× 7-Watt-Lautsprecher	1800R-Krümmung, Beleuchtung im Standfuß und an der Rückseite, Steuerkreuz	Lautsprecher (2x 2W), Kopfhörer-halter, beleuchteter Standfuß	Kopfhörerhalter	Dünner Rand, Lautsprecher (2x 2W)
Eigenschaften (20 %)	**1,96**	**1,99**	**1,96**	**2,01**	**2,04**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	35-165 Hz/G-Sync	30-165 Hz/G-Sync	30-165 Hz/G-Sync	48-144 Hz/Freesync	40-144 Hz/Freesync
Farbtiefe/Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/ 16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	843:1/0,5 cd/m²	878:1/0,5 cd/m²	1118:1/0,3 cd/m²	802:1/0,5 cd/m²	1331:1/0,3 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	37,4 Watt/0,4 Watt	47,2 Watt/0,2 Watt	41,2 Watt/0,4 Watt	45 Watt/0,4 Watt	36,1 Watt/0,5 Watt
Leistung (60 %)	**1,40**	**1,40**	**1,52**	**1,41**	**1,43**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	14,3 ms	14,6 ms	12,1 ms	10,8 ms	10,2 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	3	4,7	3,3	3	1,9
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	2,6 ms (0,5-4,2 ms)	2,3 ms (0,5-4,8 ms)	5,4 ms (4,5-6,8 ms)	4,7 ms (0,8-12,9 ms)	7,2 ms (5,4-12,3 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	414,8 cd/m², Bis 7 %	450,9 cd/m², Bis 8 %	354,7 cd/m², Bis 12 %	388,4 cd/m², Bis 5 %	382,2 cd/m², Bis 6 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Keine/Keine	Keine/Keine	Wenig/Keine	Wenig/Wenig	Wenig/Keine
FAZIT	⊕ Nahezu schlierenfrei ⊕ Gute Bildqualität für TN ⊖ Relativ teuer	⊕ Gute Bildqualität für TN ⊕ Kurze Reaktionszeiten ⊖ Sehr teuer	⊕ Gute Bildqualität ⊕ Wenig Schlieren ⊖ Relativ teuer	⊕ Hohe Farbtreue ⊕ Kurze Reaktionszeiten ⊖ Kontrast etwas mau	⊕ Kurze Reaktionszeit ⊕ Brillante Bildqualität ⊖ Nur 2 Jahre Garantie
	Wertung: **1,60**	Wertung: **1,60**	Wertung: **1,62**	Wertung: **1,62**	Wertung: **1,63**

WQHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle
mit 30 Wertungskriterien

	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll	27 Zoll
Produktname	**MG279Q**	**G-Mast. GB2760QSU-B1 Red Eagle**	**MPG27CQ**	**C27HG70**
Hersteller	Asus	liyama	MSI	Samsung
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 520,-/befriedigend	Ca. € 420,-/befriedigend	Ca. € 480,-/befriedigend	Ca. € 520,-/befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1215454	www.pcgh.de/preis/1635009	www.pcgh.de/preis/1461866778	www.pcgh.de/preis/1620984
Ausstattung (20 %)	**1,68**	**1,63**	**1,87**	**1,68**
Anschlüsse	2x HDMI 1.4, 1x Displayport 1.2, 1x mDP 1.2, 2x USB 3.0	1× HDMI 1.4, 1× Displayport 1.2, 1× DVI, 2× USB-A 3.0	2× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2, 2× USB-A 3.0	2× HDMI 2.0, 1× Displayport 1.2, 2x USB 3.0
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi
Panel-Typ/Diagonale	IPS/66,2 cm	TN/66,2 cm	VA/66,2 cm	VA/66,2 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Intern/100 x 100 (belegt)	Intern/100 x 100 (belegt)	Extern/100 × 100 (belegt)	Intern/100 x 100 (via Adapter)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	7,3 kg/63 cm x 56 cm x 24 cm	6,4 kg kg/62 cm × 40 cm × 23 cm	10,6 kg/62 cm × 56 cm × 37 cm	9,6 kg/116 cm × 72 cm × 42 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverstellbar	Ja/-5°,20°/15 cm	Ja/+22°/-5°/13 cm	Nein/+20°/-5°/12 cm	Ja/-5°,15°/15 cm
Garantie	3 Jahre	3 Jahre	2 Jahre	2 Jahre
Sonstiges/Zubehör	Mechanische Tasten und Steuerkreuz	Lautsprecher (2× 2W)	Programmierbare Software, Programmierbare LED-Streifen (Steelseries), Fünf-Wege-Joystick, Low Motion Blur	8 Zonen FALD, Display HDR 600 (Freesync 2 HDR)
Eigenschaften (20 %)	**2,06**	**2,24**	**2,11**	**2,16**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	35-144 Hz/Freesync	48-144 Hz/Freesync	48-144 Hz/Freesync	48-144 Hz/Freesync
Farbtiefe/Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	6 Bit+FRC/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	1256:1/0,3 cd/m²	1030:1/0,4 cd/m²	2876:1/0,2 cd/m²	2606:1/0,1 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	43,4 Watt/0,5 Watt	38,4 Watt/0,5 Watt	55,2 Watt/0,5 Watt	76,2 Watt/0,5 Watt
Leistung (60 %)	**1,51**	**1,49**	**1,58**	**1,65**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	11,3 ms	14,3 ms	10,7 ms	10,8 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	1,8	6	5,3	2,6
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	7,2 ms (4,9-11,4 ms)	4,1 ms (0,6-16,5 ms)	4,1 ms (2,4-5 ms)	9 ms (3,4-22,4 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	382 cd/m², Bis Bis 10 % %	451,4 cd/m², Bis 6 %	434,3 cd/m², Bis 7 %	372,8 cd/m², Bis 5 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Wenig/Wenig	Wenig/Wenig	Sichtbar/Sichtbar	Sichtbar/Keine
FAZIT	⊕ Hoher Kontrast ⊕ Gute Bildqualität ⊖ Freesync nur bis 90 Hz	⊕ Guter Kontrast für TN ⊕ Kurze Reaktionszeit ⊖ Nur 6 Bit Farbtiefe	⊕ Innovative Software ⊕ Hoher VA-Kontrast ⊖ Sichtbare Schlieren	⊕ Hervorragende Bildqualität ⊕ Flicker free ⊖ Hohe Reaktionszeiten
	Wertung: **1,65**	Wertung: **1,67**	Wertung: **1,74**	Wertung: **1,76**

WQHD-MONITORE

Auszug aus Testtabelle
mit 30 Wertungskriterien

	27 Zoll	27 Zoll	24 Zoll	23,8 Zoll
Produktname	**Agon AG271QG**	**27xq**	**S2417DG**	**Agon AC241QX**
Hersteller	AOC	HP	Dell	AOC
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 650,-/befriedigend	Ca. € 380,-/Befriedigend	Ca. € 450,-/Ausreichend	Ca. € 360,-/Befriedigend
PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1472102	www.pcgh.de/preis/1854351	www.pcgh.de/preis/1482112	www.pcgh.de/preis/1513909
Ausstattung (20 %)	**1,93**	**1,99**	**2,08**	**1,71**
Anschlüsse	1× Displayport 1.2, 1× HDMI 2.0, 4× USB 3.0	1x HDMI 2.0, 1x Displayport 1.2, -	1× HDMI 1.4, 1× Displayport 1.2 , 4× USB 3.0	1× Displayport 1.2, 1× HDMI 1.4, 1× DVI, 1× VGA, 3× USB-A 3.0
Max. Auflösung/Pixeldichte	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/108,8 ppi	2.560 × 1.440/122,4 ppi	2.560 × 1.440/123,4 ppi
Panel-Typ/Diagonale	IPS/66,2 cm	TN/66,2 cm	TN/58,8 cm	TN/58,3 cm
Netzteil/Vesa-Halterung	Extern/100 × 100 (belegt)	Intern/100 x 100 (belegt)	Intern/100 × 100 (belegt)	Extern/100 × 100 (belegt)
Gewicht/Maße (inkl. Standfuß)	6,8 kg/63 cm × 44 cm × 22 cm	6,2 kg/62 cm × 38 cm × 56 cm	6,1 kg/54 cm × 35 cm × 18 cm	5,5 kg kg/55 cm × 22 cm × 49 cm
Pivot 90 Grad/neigbar/höhenverstellbar	Ja/+21°/-3/13 cm	Ja/+20°/-4°/10 cm	Ja/+21°/-3/13 cm	Ja/+21°/-3/13
Garantie	3 Jahre	2 Jahre	3 Jahre	3 Jahre
Sonstiges/Zubehör	Kopfhörerhalter,vier Stufen Schwarzstabilisierung	LEDs am unteren Rand	Dünner Rand, Unschärfereduzierung (ULMB)	Lautsprecher (2x 3W), Kopfhörerhalter
Eigenschaften (20 %)	**2,44**	**2,24**	**1,97**	**2,21**
Betrachtungswinkel horizontal/vertikal	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad	170/160 Grad
Bildwiederholrate/VRR	30-165 Hz/G-Sync	48-144 Hz/Freesync	30-165 Hz/G-Sync	30-144 Hz/Freesync
Farbtiefe/Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	6 Bit+FRC/16,7 Mio. Farben	8 Bit/16,7 Mio. Farben	6 Bit+FRC/16,7 Mio. Farben
Kontrastverhältnis/Schwarzwert	1185:1/0,4 cd/m²	759:1/0,5 cd/m²	880:1/0,5 cd/m²	915:1/0,5 cd/m²
Max. Leistungsaufnahme/Stand-by	54,6 Watt/0,3 Watt	39,5 Watt/0,4 Watt	36,9 Watt/0,4 Watt	30,2 Watt/0,4 Watt
Leistung (60 %)	**1,50**	**1,76**	**1,29**	**1,45**
Input Lag (Full HD, 60 Hz)	12,1 ms	10,2 ms	13,5 ms	10,2 ms
Farbabweichungen (ø Delta E 2000)	3,1	5,3	6,6	5,6
ø Reaktionszeit (Min.-Max.)	5 ms (4,5-5,4 ms)	4,2 ms (0,7-12,9 ms)	3,3 ms (0,6-4,9 ms)	5,7 ms (0,6-13,6 ms)
Max. Helligkeit, Abweichungen	448,3 cd/m², Bis 13 %	407,7 cd/m², Bis 9 %	405 cd/m², Bis 9 %	429,2 cd/m², Bis 14 %
Schlieren-/Korona-Bildung	Wenig/Wenig	Wenig/Wenig	Keine/Keine	Wenig/Keine
FAZIT	⊕ Guter Kontrast für IPS ⊕ Wenig Schlieren ⊖ Ungleichmäßige Ausleuchtung	⊕ Kurze Reaktionszeiten ⊕ Geringer Input Lag ⊖ Schwacher Kontrast	⊕ Wenig Schlieren ⊕ Hohe Pixeldichte ⊖ Kontrast etwas mau	⊕ Wenig Schlieren ⊕ Hohe Pixeldichte ⊖ Ungleichmäßige Ausleuchtung
	Wertung: **1,77**	Wertung: **1,90**	Wertung: **1,58**	Wertung: **1,65**

Seasonic®
THE HEART OF YOUR SYSTEM
BESTES NETZTEIL EUROPAS!
*GEWINNER DES EUROPEAN HARDWARE AWARDS 2017 (PRIME) UND 2018 (FOCUS+) IN DER KATEGORIE NETZTEILE!
FOCUS+
Onlinetest: 11/2017 WERTUNG: 1,43 Seasonic Focus Plus (+) Hardware
03/2018 PREIS-LEISTUNGS-TIPP Seasonic Focus+-Platinum 550 Watt Hardware
EUROPEAN HARDWARE AWARDS 2018 BEST PSU SERIES Seasonic Focus Plus
PX 850 | 750 | 650 | 550 W
FX 1000 | 850 | 750 | 650 | 550 W
FM 450 W
80 PLUS PLATINUM
80 PLUS GOLD
PRIME
11/2016 TOP-PRODUKT Seasonic Prime Titanium 650 W Hardware
Test: 09/2018 WERTUNG: 1,41 Seasonic Prime Ultra 1000 Titanium Hardware
EUROPEAN HARDWARE AWARDS 2017 BEST PSU SERIES Seasonic Prime Titanium
80 PLUS TITANIUM
80 PLUS PLATINUM
80 PLUS GOLD
TR 1000 | 850 | 750 | 650 | 600 W (Fanless)
PD/PD2 1300 | 1000 | 850 | 750 | 650 | 550 W
GD/GD2 1300 | 1000 | 850 | 750 | 650 | 550 W
ALTERNATE
CASEKING.de
BORA
BRACK.CH ELECTRONICS
K&M COMPUTER
cyberport
digitec.ch
Mindfactory.de
notebooksbilliger.de

Was bringt Aufrüsten?

Moderne Spiele lassen ältere PCs häufig straucheln – ein Hardware-Upgrade wäre hilfreich. Wir zeigen Ihnen anhand von Beispielen, welche Fps-Zuwäche damit möglich sind.

PC-Spieler genießen eine große Freiheit, wenn es darum geht, aus welcher Hardware sie ihre Systeme zusammensetzen, wie hoch die Framerate mindestens ausfallen sollte, um für das jeweilige Individuum angenehm zu sein, oder welchen Einfluss die Grafik, zusätzliche Details und Auflösung auf den Spielspaß haben. Einige Spieler präferieren hohe Bildraten, andere legen größeren Wert auf ein Plus an Details und bevorzugen die häufig sehr anspruchsvolle Ultra-Detailstufe. Der PC bietet dem Spieler den kaum bestreitbaren Vorteil, diese Wahl für sich selbst zu treffen und außerdem über die Monate und Jahre ansteigende Systemanforderungen durch Detailanpassungen abzufedern. Doch irgendwann erreicht beinahe jeder Spieler einen Punkt, an dem neue Hardware notwendig wird. Häufig ist es damit getan, eine neue und stärkere Grafikkarte zu installieren.

Doch sollte auch der Prozessor nicht völlig außer Acht gelassen werden, denn dieser muss nicht nur beständig komplexere Spielwelten berechnen, sondern außerdem die Grafikkarte mit Renderanweisungen füttern. Ist die CPU im Vergleich zur GPU zu schwach, bringt selbst die schnellste Grafikkarte ihre Leistung nicht zuverlässig auf die Straße. Zudem häufen sich mit einem überlasteten Prozessor störende Ruckler, Streaming-Aussetzer in Form spät einblendender Texturen oder es treten gar kräftige, über mehrere Sekunden andauernde Bildrateneinbrüche auf. Insbesondere Open-World-Titel mit hoher Sichtweite und Detaildichte malträtieren die CPU. Bei vielen modernen Titeln werden komplexe Berechnungen für Spielwelt, Physik, KI der NPCs und deren Wegfindung, zusätzliche Aufgaben wie Audioberechnungen sowie einige Renderanweisungen von den Hauptberechnungen getrennt und auf weitere Kerne/Threads ausgelagert – dies erlaubt nicht nur eine effizientere Ausnutzung von Mehrkernarchitekturen, sondern in vielen Fällen auch höhere Bildraten und eine generell stabilere Performance.

Vier Systeme, acht Grafikkarten, drei Spiele

Wir werden uns in diesem Artikel daher nicht nur ansehen, wie sich ein GPU-Upgrade auf die Performance auswirkt, sondern außerdem auch dem Prozessor Aufmerksamkeit zukommen lassen, denn dieser bestimmt häufig die maximale Leistung der Grafikkarte. Dazu nehmen wir die Mittel- und Oberklasse in den Fokus, exorbitant teure Hardware blenden wir aus. Wir stellen uns insgesamt vier unterschiedliche Systeme zusammen, aus denen wir mittels Overclocking zudem so viel zusätzliche Leistung herauskitzeln, wie es sich mittels Luftkühlung ohne größere Bedenken stabil umsetzen lässt. Die ersten beiden PCs stellen wir mit verbreiteter Hardware von 2014 zusammen:

Im ersten System werkelt ein auf 4,6 GHz übertakteter AMD FX-6350 (3M/6T), dazu verbauen wir 2 × 4 GiByte DDR3-2133-RAM. Dazu gesellen sich im Wechsel eine ebenfalls übertaktete GTX 770/2G (1.241 MHz Boost) sowie eine mit 1.070 MHz sehr flotte HD 7970 GHz Edition mit 3 GiByte Grafikspeicher.

Das zweite System basiert auf einem mit 4,5 GHz OC taktenden Core i5-3570K (4C/4T) mit ebenfalls 8 GiByte DDR3-2133-RAM. In diesem System verbauen wir die ab Herbst 2014 außerordentlich beliebte GTX 970. Der direkte AMD-Konkurrent R9 290 dient zum Vergleich. Beide Karten sind ebenfalls flotte OC-Modelle und sind mit 4 GiByte Speicher ausgestattet; jener der GTX 970 ist allerdings segmentiert (3,5 GiByte + 0,5 GiByte), was die Leistung unter Umständen beeinträchtigen kann.

Diesen Systemen mit 2014 weit verbreiteter Hardware stellen wir zwei PCs gegenüber, die wir mit aktueller Hardware ausgestattet haben. Unser erstes System nutzt mit dem Ryzen 7 1700 einen preislich sehr attraktiven AMD-Achtkerner (8C/16T). Diesen haben wir auf 3,8 GHz übertaktet und mit 2 × 8 GiByte DDR4-2933-RAM ausgestattet. Dazu verbauen wir OC-Modelle der GTX 1060/6G sowie RX 580/8G.

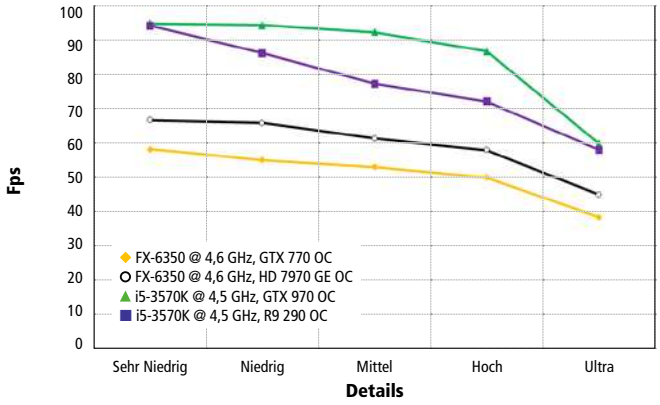
Das letzte System besteht aus einem auf sehr flotte 4,8 GHz übertakteten Core i7-8700K (6C/12T), dem wir 2 × 8 GiByte DDR4-3000-RAM sowie übertaktete Modelle der Geforce GTX 1070 sowie Radeon RX Vega 56 zur Seite stellen.

Diese Systeme untersuchen wir ausführlich in drei sehr unterschiedlichen Spielen auf ihre Stärken und Schwächen. Dazu testen wir sämtliche Detailstufen durch und analysieren die CPU-Performance nochmals getrennt, um Flaschenhälse aufzudecken. Schlussendlich stellen wir passende Detailsettings gegenüber und erörtern, wie sich die Leistung der Systeme in die Praxis übersetzt. *(pr)*

Playerunknown's Battlegrounds (PUBG)

Skalierungsdiagramm Details: 2014-Hardware

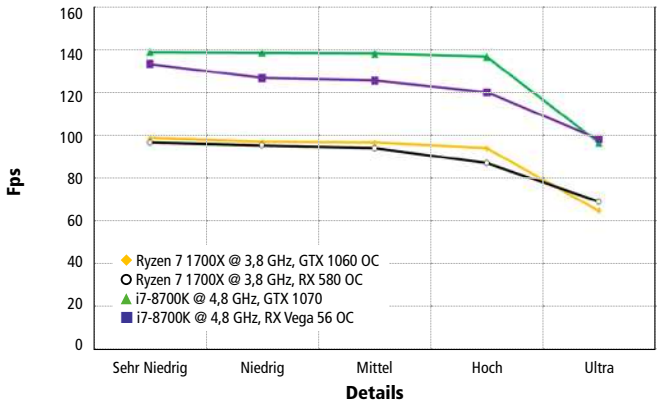
Benchmark „Yasnaya Poliyana", 1.920 × 1.080



AMD-System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s), HD 7970/3G (1.070 MHz, 6 GT/s) **Intel-System:** Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 7 GT/s); R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); Gef. 390.77; RS 18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: 2018-Hardware

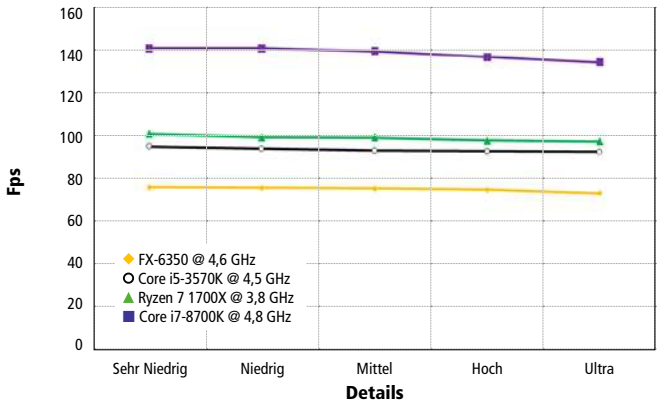
Benchmark „Yasnaya Poliyana", 1.920 × 1.080



AMD: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s) **Intel:** Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s), RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); Gef. 390.77; RS 18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: CPUs

Benchmark „Yasnaya Poliyana", 1.280 × 720, 70 % Skalierung



FX 6350 (3M/6T) @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Core i5-3570K** (4C/4T) @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Ryzen R7 1700X** (8C/16T) @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933; **Core i7-8700K** (6C/12T) @ 4,6 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000 **GPU:** GTX 1080 Ti OC (~1.987 MHz, 11 GT/s)

Playerunknown's Battlegrounds ist auch nach dem leisen Abklingen der größten Hype-Welle ein außerordentlich beliebtes Spiel. Der Battle-Royale-Shooter basiert auf der Unreal Engine 4. Dieser prinzipiell sehr fortschrittliche Grafikmotor wird akutell häufig in Indie- oder kleineren Produktionen genutzt. Allerdings ist die UE4 zumindest im Zusammenhang mit kleineren Studios und/oder Early-Access-Titeln auch nicht unbedingt für gute Performance berühmt. Auch PUBG ist ein Spiel, das einige Auffälligkeiten zeigt, darunter sporadisches Ruckeln, welches auch auf extrem potenten PCs auftritt. Prinzipiell läuft der Shooter auch auf schwächeren Systemen und bevorzugt weder AMD- noch Nvidia-Grafikkarten auffällig, allerdings müssen wir eine auch in anderen Spielen auftretende AMD-Besonderheit hervorheben.

AMD und die Auslastung

Playerunknown's Battlegrounds stellt relativ hohe Anforderungen an die Grafikkarte, insbesondere Ultra-Details nötigen der GPU viel Arbeit ab. Auffällig dabei ist, wie auch bei den anderen getesteten Spielen in diesem Artikel, dass eine möglichst hohe Auflösung der Auslastung der AMD-GPUs zugute kommt. Mit Ultra-Details schneiden die Radeons im Vergleich stark ab. Sinkt jedoch die Grafiklast, etwa durch Reduzierung der Details oder Auflösung, profitieren die Nvidia-GPUs stärker von diesen Maßnahmen.

Tendenziell sollten AMD-GPUs nach diesen Erkenntnissen also möglichst viele grafiklastige Optionen vorgesetzt bekommen, ansonsten ist unter Umständen eine effiziente Auslastung nicht gegeben. Am einfachsten erzeugen Sie Grafiklast – und somit auch ein hübscheres Bild – durch zusätzliche Pixel. Wer noch in Full HD spielt, aktiviert folglich im Grafiktreiber die Funktionen DSR (Geforce) respektive VSR (Radeon) und wählt anschließend eine der neuen Auflösungen in PUBG an.

Schon der FX liefert 60 Fps

Das alte AMD-System schlägt sich in Playerunknown's Battlegrounds im Grunde nicht übel. Der kräftig übertaktete FX-6350 liefert auch in unserer für die CPU recht anspruchsvollen Benchmarkszene deutlich über 60 Fps und liegt damit gerade einmal rund 20 Prozent hinter den ebenfalls kräftig übertakteten Core i5-3570K. PUBG kann zudem Vorteile aus Vielkernarchitekturen ziehen, wobei sich dies in gewissen Grenzen hält. So ist der mit 3,8 GHz OC rechnende Ryzen 7 1700 trotz des ausgeprägten Taktdefizits schneller als der Core i5. Intels Sechskerner i7-8700K spielt in PUBG allerdings nochmals in einer ganz anderen Liga und rennt selbst in unserer CPU-lastigen Szene beinahe konsequent in das vorliegende Framelimit bei 144 Fps. In weniger anspruchsvollen Szenen schließen der Core i5 und der Ryzen 7 auf, 144-Hz-Gaming ist also auch mit diesen CPUs realistisch, allerdings werden die Bildraten deutlich stärker schwanken.

GTX 770 und der Speicher

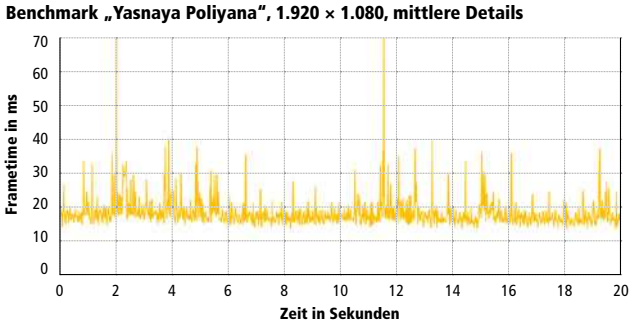
Unsere beiden „2014er"-Systeme sind jeweils mit nur 8 GiByte Hauptspeicher ausgestattet. Das ist sehr knapp, PUBG füllt diesen schon in niedrigen Einstellungen und Details bis zum Rand. Dies wirkt sich generell negativ auf die Performance aus, es kommt insbesondere beim längeren Spielen zu sporadischen, teils sekundenlangen Slowdowns. Wirklich kritisch wird es indes mit der GTX 770, denn deren 2 GiByte Grafikspeicher sind selbst für niedrigste Details und Full HD nicht ausreichend. Daher müssen Daten in den schon vollen Hauptspeicher ausgelagert werden, was wiederum ein weiteres Auslagern auf die Festplatte verursacht. Das Spielgefühl mit der GTX 770 ist daher stark kompromittiert, selbst niedrigere Details helfen den Bildraten nur begrenzt auf die Sprünge. Die HD 7970 ist mit 3 GiByte dagegen deutlich besser aufgestellt.

Höhere Auflösung und Fps

Mit potenteren GPUs und aktueller Hardware werden insbesondere höhere Auflösungen nutzbar. Sowohl RX 580 als auch GTX 1060 sind für Bildraten um 100 Fps gut, deutlich mehr ist allerdings auch die Ryzen-CPU in anspruchsvollen Szenen nicht zu stemmen. Sie können jedoch auch WQHD bei 60 Fps und hohen Details ins Auge fassen. Unser stärkstes System wird in Full HD nicht mehr konsequent ausgelastet, kann aber selbst Ultra HD weitestgehend flüssig darstellen.

FX-6350 und GTX 770: Der knappe Speicher bremst den Spielspaß aus

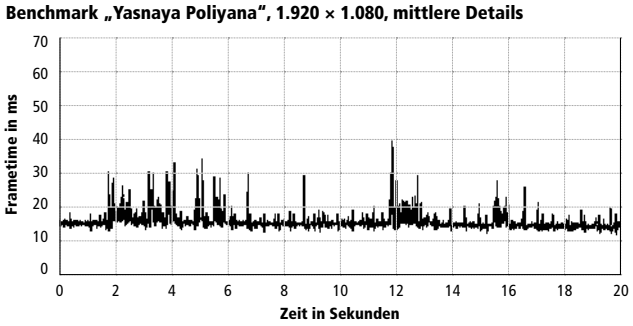
PUBG belegt selbst in niedrigsten Details und geringen Auflösungen den kompletten 2-GiByte-Speicher der Geforce GTX 770. Zudem ist auch der 8-GiB-Hauptspeicher zum Bersten gefüllt. Dies führt zu einem generellen Performance-Problem samt störender Einbrüche (Spikes im Verlauf rechts).



System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 54 Fps; P99-Perzentil: 28 Fps; P99,9-Perzentil: 13 Fps

FX-6350 und HD 7970: Erfreulich gute Performance bei Full HD und mittleren Details

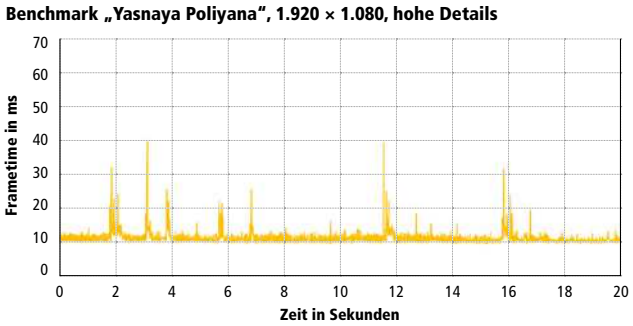
Die 3 GiByte fassende Speicher der Radeon HD 7970 machen einen gewaltigen Unterschied. Die sehr starken Ruckler, die mit der Geforce GTX 770 auftreten, sind komplett verschwunden. Der FX-6350 bietet des Weiteren genügend Leistung, um die Grafikkarte auszulasten.



System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; HD 7970 OC/3G (1.070 MHz, 6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 62 Fps; P99-Perzentil: 34 Fps; P99,9-Perzentil: 28 Fps

Core i5-3570K und GTX 970: Beinahe perfekt für schnelles Full-HD-Gaming

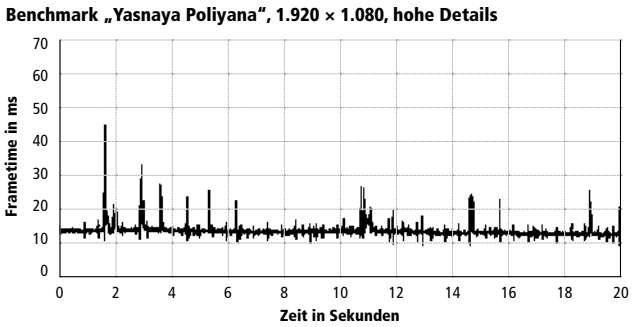
Sehen wir von den anspruchsvollen (und speicherintensiven) Ultra-Details ab, erhalten Sie mit dieser Hardware-Kombination eine sehr angenehme Performance. Der segmentierte Speicher der GTX 970 ist noch kein Problem, sowohl CPU als auch GPU stemmen knapp 90 Fps.



System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 8 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 87 Fps; P99-Perzentil: 46 Fps; P99,9-Perzentil: 31 Fps

Core i5-3570K und R9 290: Saubere und schnelle Performance trotz leicht ausgebremster GPU

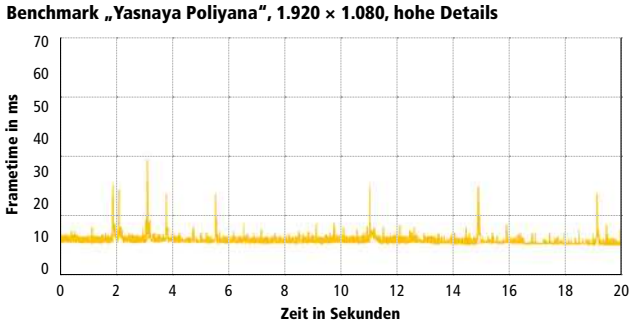
Die R9 290 ist im Grunde ebenbürtig zur GTX 970, wobei anzumerken ist, dass sie in Full HD und hohen Details nicht komplett ausgelastet wird. Bei einem Wechsel auf Ultra-Details oder WQHD bricht die R9 290 weniger stark ein und kann noch immer eine sehr ordentliche Leistung bieten.



System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 72 Fps; P99-Perzentil: 43 Fps; P99,9-Perzentil: 30 Fps

Ryzen 7 1700 und GTX 1060: Beinahe perfekter Full-HD-Genuss mit sehr hohen Bildraten

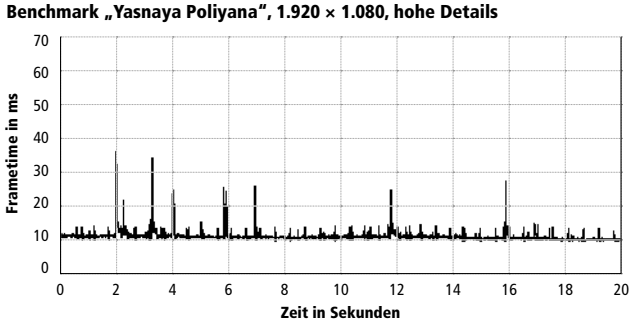
Der verhältnismäßig niedrig taktende Ryzen kann trotz der in PUBG nur mittelmäßigen Mehrkernausnutzung eine sehr gute und saubere Performance liefern. Auch die Geforce GTX 1060/6G liefert reichlich Leistung und kann zu weiten Teilen die maximalen 144 Fps erreichen.



System: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 95 Fps; P99-Perzentil: 63 Fps; P99,9-Perzentil: 37 Fps

Ryzen 7 1700 und RX 580: Saubere und sehr hohe Performance, Potenzial für WQHD

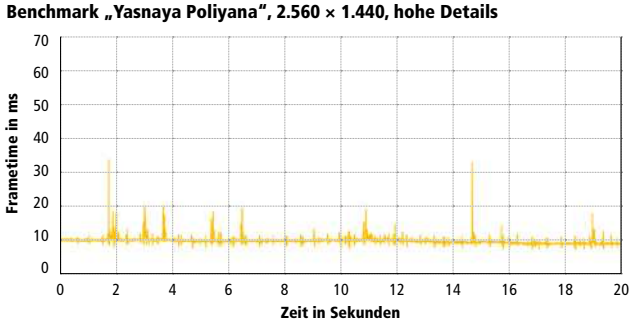
Die Leistung der Radeon RX 580 steht jener der GTX 1060 kaum nach. Sie ist beinahe gleich schnell, die Frametimes sind ebenso sauber und das Spielgefühl sehr gut. Die RX 580 kann wie die GTX 1060 außerdem WQHD bei hohen Details verdauen, dort liefert sie noch immer über 60 Fps.



System: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 88 Fps; P99-Perzentil: 63 Fps; P99,9-Perzentil: 36 Fps

Core i7-8700K und GTX 1070: Fluffige Performance und selbst für WQHD und 144 Hz schnell genug

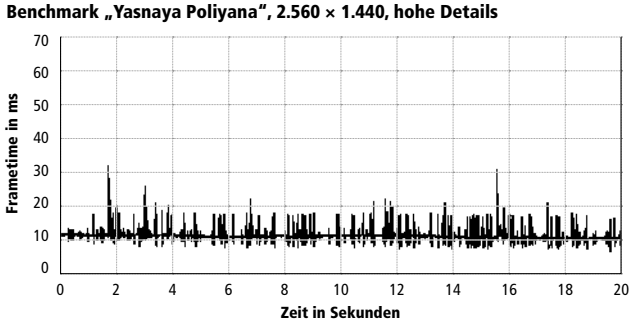
Intels flinker Sechskerner ist für PUBG zweifellos die mit Abstand beste CPU in diesem Test. Allerdings verpufft deren Leistung weitestgehend ungenutzt, sollten Sie nicht sehr hohe Bildraten anstreben. Die GTX 1070 stemmt diese in WQHD mühelos, alternativ ist UHD bei 60 Fps realistisch.



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 99 Fps; P99-Perzentil: 73 Fps; P99,9-Perzentil: 49 Fps

Core i7-8700k und RX Vega 56: Sehr schnell und flüssig in WQHD, aber nicht perfekt

Auch AMDs Vega-Chip macht in WQHD eine gute Figur. Die Bildraten liegen ähnlich hoch wie bei der GTX 1070, in anspruchsvollen Gebieten schwankt die Performance aber stärker, zudem fallen die Frametimes schlechter aus. Auch mit der Vega ist UHD mit etwas Detailverzicht möglich.



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 86 Fps; P99-Perzentil: 54 Fps; P99,9-Perzentil: 38 Fps

Assassin's Creed Origins

Das optisch außergewöhnlich schicke Assassin's Creed Origins basiert auf der aktuellen „Anvil Next"-Engine, Ubisofts Inhouse-Motor, und ist, was die Hardware-Anforderungen angeht, eine harte Nuss. Selbst nach einer ganzen Reihe Patches, die unter anderem die Performance leicht verbesserten, giert das Spiel nach leistungsfähigen PC-Komponenten sowie reichlich Speicher. Desweiteren bevorzugt das Assassinen-Abenteuer klar Systeme mit Nvidia-GPUs. PCs mit AMD-Grafikchips liefern im Vergleich nicht nur eine deutlich schlechtere Leistung, Radeons leiden außerdem unter mehr oder weniger stark ausgeprägtem Ruckeln, das insbesondere in komplexen Umgebungen störend auffallen kann. An Letzterem haben auch die zuletzt erschienenen Patches wenig geändert, obwohl diese laut Changelogs eigentlich Ruckler minimieren sollten.

Massive Prozessorlast

Natürlich stellt Assassin's Creed Origins sehr hohe Anforderungen an die Grafikkarte, etwas anderes wäre bei all der Pracht seltsam. Doch die gewaltigen Umgebungen des virtuellen Ägyptens, die vielen feinen Details, hohe Weitsicht und eine Vielzahl an Nichtspieler-Charakteren (NPCs) fordern außerdem der CPU Höchstleistungen ab. Tatsächlich gibt es aktuell nur wenige andere Titel, die selbst mit minimalen Details dermaßen viel Prozessor-Power voraussetzen. Dies gilt natürlich nochmals verstärkt, wenn Sie hohe Bildraten bevorzugen. Mit Ultra-Details sind mit dem Core i5-3570K trotz kräftiger Übertaktung 60 Fps in unserem sehr anspruchsvollen Benchmark innerhalb Alexandrias nicht zu halten, der FX-6350 fällt gar unter die 40-Fps-Marke. Ein Verzicht auf CPU-lastige Details bringt nur wenig Linderung; der Prozessor bleibt ein wahrscheinlicher Flaschenhals.

Glücklicherweise nutzt Ubisofts Anvil-Next-Engine moderne Vielkernsysteme vorbildlich aus, gut zu erahnen an der sehr starken Performance des achtkernigen Ryzens, den trotz seines OC-Taktdefizits von einem Gigahertz weniger als 20 Prozent von Intels Core i7-8700K trennen. Auf der anderen Seite mag die hohe, effizient verteilte CPU-Last Ryzen Vorteile bringen, für AMDs Grafikchips stellt sie indes ein Problem dar.

Radeons in Schwierigkeiten

Wie schon im Abschnitt zu PUBG angemerkt, fallen Radeon-GPUs in Zusammenhang mit einer hohen Prozessorlast leider häufiger mit einer unbefriedigenden Auslastung und damit Performance auf.

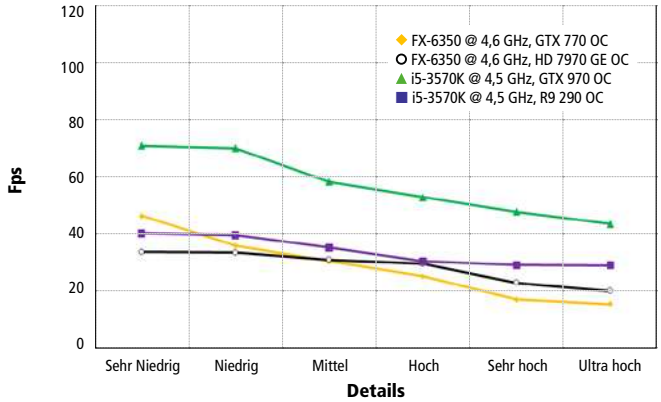
Schauen Sie sich zur Verdeutlichung das erste Diagramm rechts genauer an: Die im Normalfall auf dem Level der Geforce GTX 970 performende Radeon R9 290 liegt deutlich unter dieser. Ein Umstand, der sich durch Herabsetzen der Details und damit einer im Verhältnis zur CPU- stärker abnehmenden Grafiklast nochmals verstärkt.

Doch damit nicht genug: Die R9 290 wird mit hohen Details dermaßen schlecht ausgelastet, dass sie selbst mit Unterstützung des schnelleren Core i5-3570K auf das Level der HD 7970 samt FX-6350 absackt – der vorhandene und im Normalfall beträchtliche Performance-Vorteil des eigentlich deutlich stärkeren Systems verpufft zu weiten Teilen. Dieser Umstand betrifft indes nicht nur die R9 290, sondern auch andere Hardware-Konstellationen mit Radeon-Grafikkarte. So zeigt beispielsweise die RX Vega ein vergleichbares Leistungsbild und hat große Schwierigkeiten, sich von Nvidias GTX 1060 abzusetzten, obwohl diese eigentlich eine Leistungskategorie hinter der RX Vega 56 liegt. Ein Erhöhen der Auflösung hilft diesem Phänomen etwas ab, allerdings mehren sich in höheren Auflösungen die eingangs erwähnten Ruckler auf Radeon-GPUs.

Ansonsten ist die Performance in Assassin's Creed Origins zu weiten Teilen unauffällig. Die GTX 770 fällt abermals durch massive Speicherprobleme auf, ab mittleren Details ist ACO aber auch mit schwächerer Hardware und wenig Speicher genießbar. Auf der anderen Seite benötigen Sie zumindest einen sehr potenten Vierkerner mit SMT, besser noch einen flotten Sechs- oder Achtkerner, wollen Sie 60 Fps erzielen. 144 Fps sind aktuell kaum realistisch.

Skalierungsdiagramm Details: 2014-Hardware

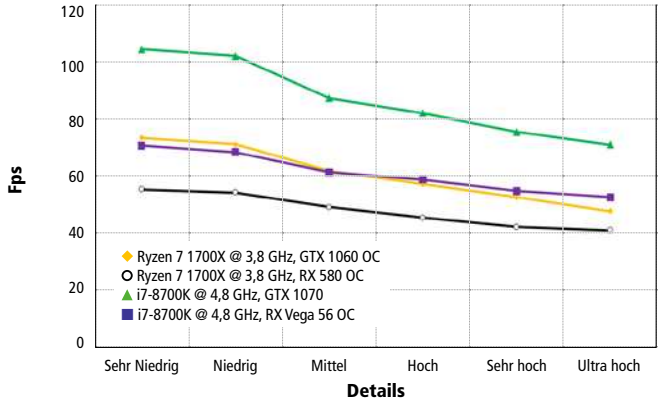
Benchmark „Alexandria", 1.920 × 1.080



AMD-System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s), HD 7970/3G (1.070 MHz, 6 GT/s) **Intel-System:** Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 7 GT/s); R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); Gef. 390.77; RS 18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: 2018-Hardware

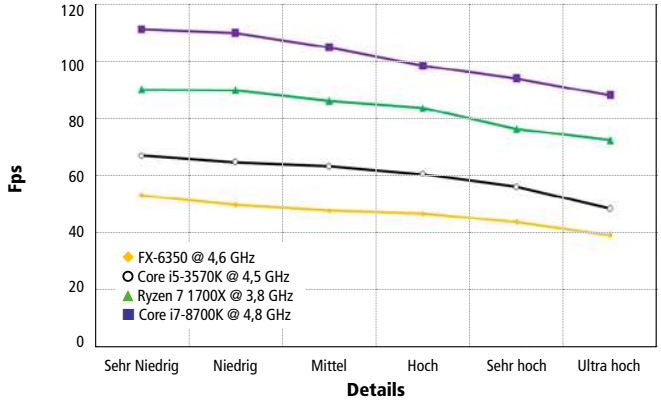
Benchmark „Alexandria", 1.920 × 1.080



AMD: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s) **Intel:** Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s), RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); Gef. 390.77; RS 18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: CPUs

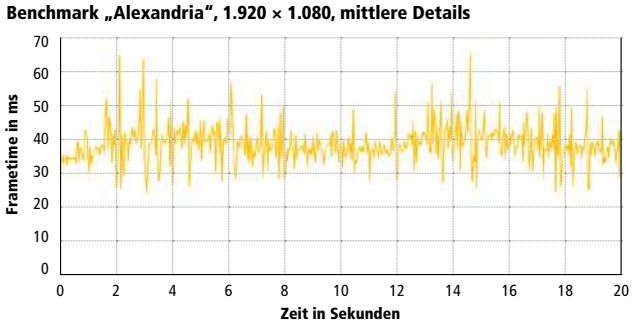
Benchmark „Alexandria", 1.280 × 720, 70 % Skalierung



FX 6350 (3M/6T) @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Core i5-3570K** (4C/4T) @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Ryzen R7 1700X** (8C/16T) @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933; **Core i7-8700K** (6C/12T) @ 4,6 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000 **GPU:** GTX 1080 Ti OC (~1.987 MHz, 11 GT/s)

FX-6350 und GTX 770: Das Minimal-System für halbwegs flüssiges Spielen

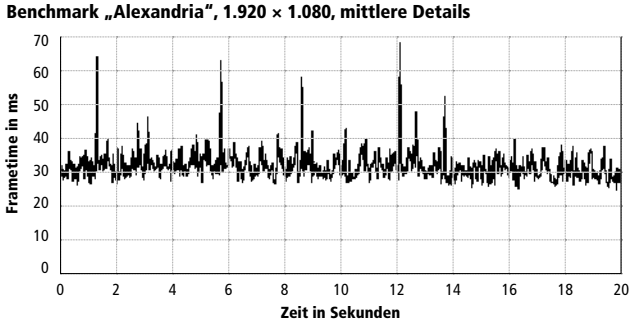
Abermals ist der Speicher das Hauptproblem dieses Systems. Auch hier sind sowohl Grafik- als auch Hauptspeicher bis zum Bersten gefüllt. Mit mittleren Details stabilisiert sich die Leistung etwas und der FX-6350 liefert gerade noch ausreichend CPU-Power, doch wirklich flüssig ist anders.



System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 26 Fps; P99-Perzentil: 18 Fps; P99,9-Perzentil: 15 Fps

FX-6350 und HD 7970: Mit mittleren Details und 30 Fps trotz kleinerer Unsauberkeiten genießbar

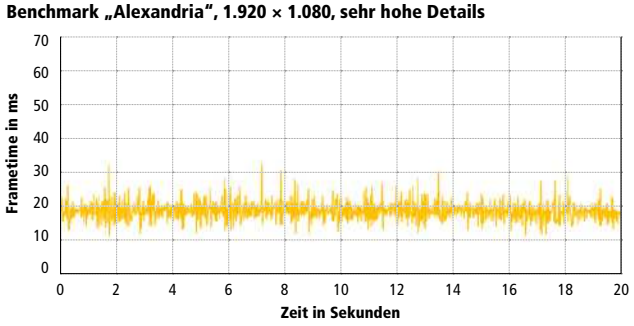
Das FX-System schlägt sich in Kombination mit der HD 7970 tapfer. Die Bildraten liegen verhältnismäßig hoch. Die CPU wird voll gefordert, die Frametimes zeigen desweiteren die schon im Artikel erwähnten „Radeon-Spikes", allerdings fallen diese bei 30 Fps noch verschmerzbar aus.



System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; HD 7970 OC/3G (1.070 MHz, 6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 32 Fps; P99-Perzentil: 22 Fps; P99,9-Perzentil: 16 Fps

Core i5-3570K und GTX 970: Ordentliche Performance in Full HD, von der CPU leicht begrenzt

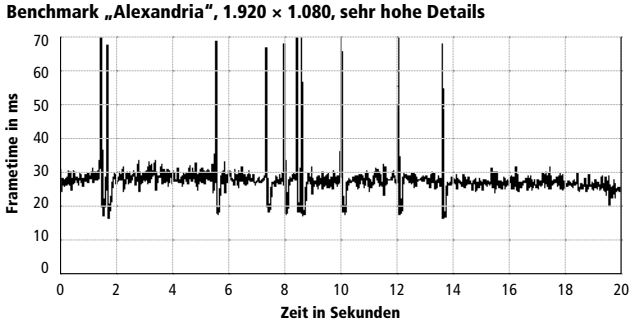
Trotz segmentierten Speichers und sehr hohen Details liefert das System mit i5-Vierkern-CPU und Nvidias GTX 970 eine ordentliche Leistung. Sie können die Details für zusätzliche Geschmeidigkeit weiter reduzieren, da aber die CPU etwas limitiert, fallen die Gewinne verhältnismäßig schmal aus.



System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 8 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 53 Fps; P99-Perzentil: 38 Fps; P99,9-Perzentil: 31 Fps

Core i5-3570k und R9 290: Schwache Vorstellung aufgrund miserabler GPU-Auslastung

Im Vergleich zur GTX 970 fällt die Performance mit der R9 290 trotz ansonsten gleicher Hardware ernüchternd aus. Die AMD-GPU bekommt die Leistung nicht auf die Straße. Die heftigen Ruckler zerstören desweiteren die im Grunde sehr gelungene Atmosphäre des virtuellen Ägyptens.



System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 36 Fps; P99-Perzentil: 15 Fps; P99,9-Perzentil: 14 Fps

Easy to learn, easy to master.

neu

SILENT BASE 601

Die neue Generation bietet das perfekte PC-Gehäuse für Silence-Enthusiasten und diejenigen, die Wert auf eine angenehme und unkomplizierte Installation der Komponenten legen. Das Silent Base 601 macht es unglaublich einfach ein neues System zusammen zu bauen - fast wie bei einem Puzzle mit nur vier Teilen! Gut durchdachte Features unterstützen den schnellen und unkomplizierten Zusammenbau Deines flüsterleisten PCs.

- Geräuschreduzierende Einlässe bieten eine exzellente Luftströmung bei minimaler Geräuschentwicklung
- Extra dicke Dämmmatten von 10mm an der Front und dem Deckel sowie an den Seiten
- Zwei vorinstallierte Pure Wings 2 140mm Lüfter
- PSU-Cover und ausgeklügelte HDD-Slot-Cover bieten einen aufgeräumten Innenraum
- Optionales Seitenfenster aus getöntem Temperglas

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com.**

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER

*GfK data 2018

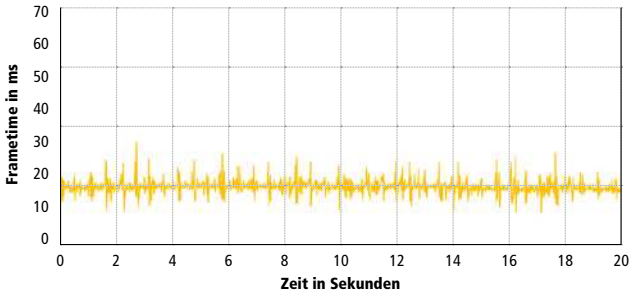
Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · bora-computer.de · caseking.de · computeruniverse.net conrad.de · hiq24.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · notebooksbilliger.de · reichelt.de

be quiet!®

Ryzen 7 1700 und GTX 1060: Flüssig und sauber in Full HD, Potenzial für WQHD

Die GTX 1060 ist nur wenig schneller als die GTX 970, allerdings helfen der flotte Ryzen und der zusätzliche Speicher dabei, die Frametimes zu glätten und das Spielerlebnis zu verbessern. Es wären auch Ultra-Details mit etwas niedrigeren Bildraten drin, alternativ läuft WQHD bei hohen Details ordentlich.

Benchmark „Alexandria", 1.920 × 1.080, sehr hohe Details

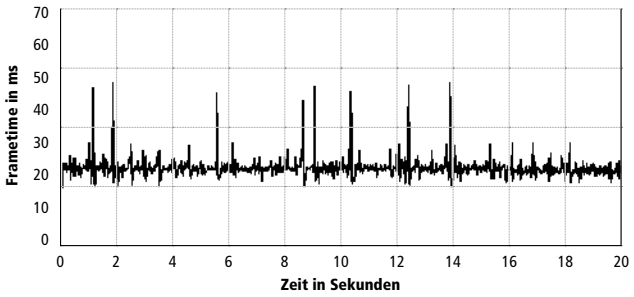


System: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 57 Fps; P99-Perzentil: 40 Fps; P99,9-Perzentil: 37 Fps

Ryzen 7 1700 und RX 580: Besser, aber noch nicht gut

Gegenüber dem i5 und der R9 290 erfreut das Ryzen-System und RX 580 mit deutlich besserer Performance. Allerdings ist das Leistungsbild noch immer deutlich schlechter als mit einer Nvidia – in WQHD nähert sich die RX 580 der GTX 1060 an, nervt dann allerdings mit kräftigen 60-ms-Spikes.

Benchmark „Alexandria", 1.920 × 1.080, sehr hohe Details

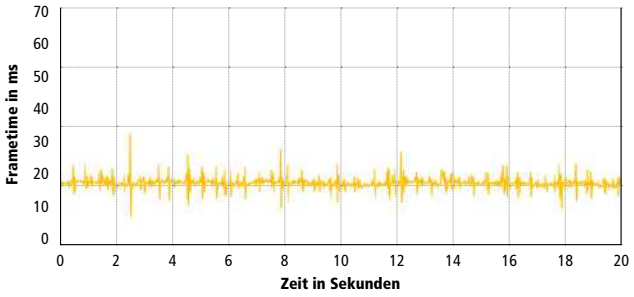


System: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 43 Fps; P99-Perzentil: 32 Fps; P99,9-Perzentil: 21 Fps

Core i7-8700K und GTX 1070: Für Full HD fast zu schade.

Mehr als 60 Fps sind in Assassin's Creed Origins nicht wirklich nötig. Statt dem Prozessor mit rund 90 FHD-Fps alles abzufordern, empfiehlt es sich mit der Geforce GTX 1070 auf WQHD zu wechseln. Die Grafik profitiert enorm, die Bildraten liegen trotz Ultra-Details angenehm hoch.

Benchmark „Alexandria", 2.560 × 1.440, ultra hohe Details

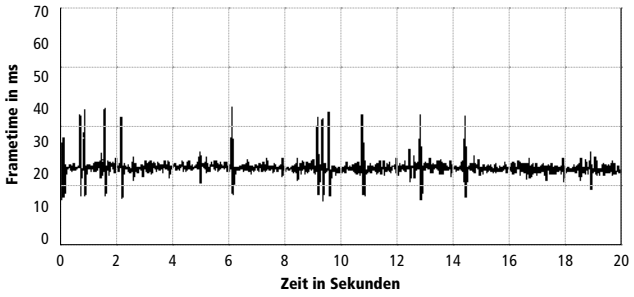


System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 54 Fps; P99-Perzentil: 42 Fps; P99,9-Perzentil: 35 Fps

Core i7-8700K und RX Vega 56: In WQHD überzeugender als in Full HD.

Analog zu den anderen Radeons schlägt sich auch Vega in ACO eher mäßig. Allerdings ist die Performance in WQHD noch annehmbar, wobei wir empfehlen würden, die Detailstufe etwas abzusenken, um die Stocker zu minimieren. In Full HD ist die Vega mit 53 Fps indes nur wenig schneller.

Benchmark „Alexandria", 2.560 × 1.440, ultra hohe Details

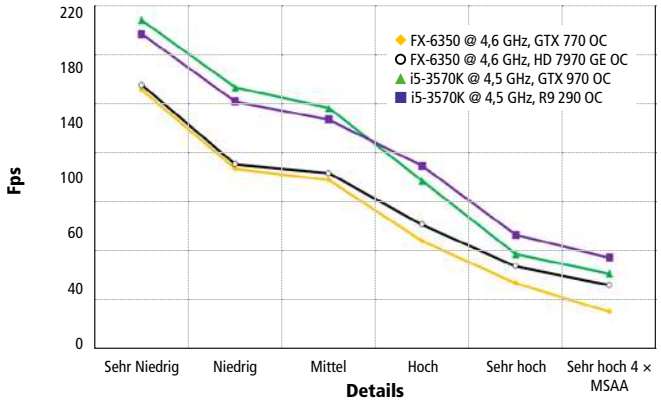


System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 44 Fps; P99-Perzentil: 26 Fps; P99,9-Perzentil: 25 Fps

Dirt 4

Skalierungsdiagramm Details: 2014-Hardware

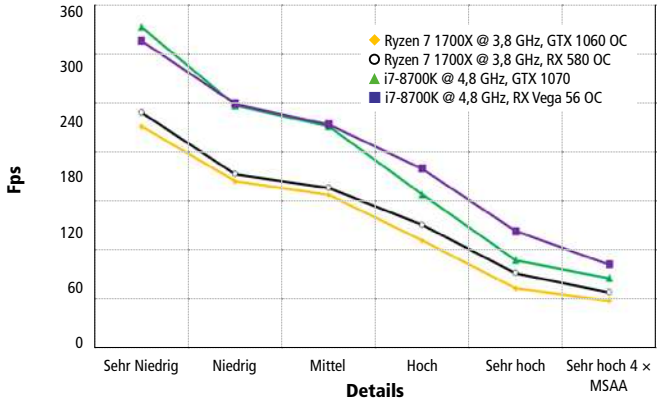
Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080



AMD-System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s), HD 7970/3G (1.070 MHz, 6 GT/s) **Intel-System:** Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 7 GT/s); R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); Gef. 390.77; RS 18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: 2018-Hardware

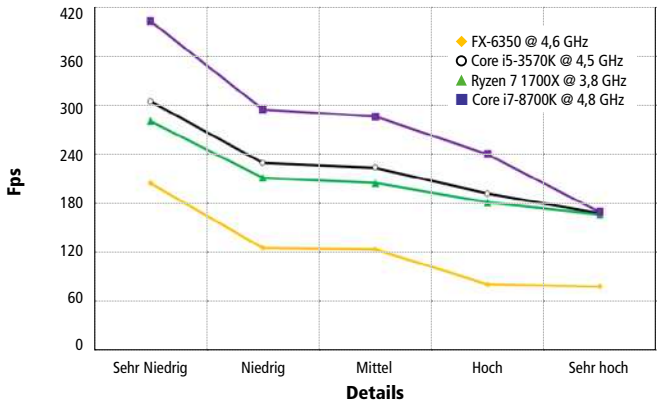
Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080



AMD: Ryzen R7 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s) **Intel:** Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s), RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); Gef. 390.77; RS18.2.2

Skalierungsdiagramm Details: CPUs

Benchmark „Michigan", 1.280 × 720, 70 % Skalierung



FX 6350 (3M/6T) @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Core i5-3570K** (4C/4T) @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; **Ryzen R7 1700X** (8C/16T) @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933; **Core i7-8700K** (6C/12T) @ 4,6 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000; **GPU:** GTX 1080 Ti OC (~1.987 MHz, 11 GT/s)

Das spaßige und anspruchsvolle Rennspiel Dirt 4 ist in diesem Test so etwas wie ein Außenseiter. Es hat weder die Popularität eines Playerunknown's Battlegrounds, noch ist es ein Hardware-Fresser wie Assassin's Creed Origins. Letzteres zeigt mit Nvidia-Grafikchips zudem eine deutlich bessere Performance, mit Dirt 4 nehmen wir daher auch einen Gegenpol in diesen Test mit auf – das Spiel macht Gebrauch von einer Technik, die von AMD mitentwickelt wurde: Forward+. Damit ist klassisches MSAA trotz schicker Beleuchtung performant möglich.

Moderate Anforderungen

Solange Sie es mit den Detailstufen nicht übertreiben und auf das Multisample-AA verzichten können, ist das Rennspiel aus dem Hause Codemasters kein sonderlich anspruchsvolles Spiel. Die genutzte Ego-Engine zeichnet dennoch eine schicke Optik auf den Schirm, selbst mit verringerten Details ist die Grafik hübsch. Die Anforderungen an den Prozessor halten sich ebenfalls in Grenzen, außerdem lässt sich die Last durch das Reduzieren von Details stark verringern. Letzteres betrifft nicht nur die Grafikkarte, sondern auch den Prozessor. Setzen Sie die Einstellungen auf die niedrigste Stufe, entfallen unter anderem die komplexen Berechnungen für die Schattendarstellung und sogar der AMD FX-6350 erzielt Bildraten von beinahe 200 Fps. Dirt 4 ist außerdem das einzige Spiel im Test, welches wir mit der GTX 1080 Ti in unseren Prozessortests nicht konsequent ins CPU-Limit getrieben bekommen – mit dem Intel Core i7-8700K limitiert bei Ultra-Details trotz 720p-Auflösung die GPU.

Die in Dirt 4 genutzte Ego-Engine liegt, wie erwähnt, Radeon-GPUs besonders gut, bei sehr hohen Details und/oder mit zugeschaltetem Multisample-AA liegen Radeon-GPUs im Großen und Ganzen vor vergleichbaren Nvidia-Chips. Doch erinnern Sie sich noch an unsere anfängliche Aussage bezüglich schwieriger Radeon-Auslastung? Schauen Sie sich einmal die Graphen links genauer an: Ab mittleren Details fallen die zuvor zum Teil deutlich schnelleren AMD-GPUs auf oder hinter das Level der Nvidia-GPUs zurück. Um die im Vergleich potenziell höhere AMD-Performance auch tatsächlich zu erhalten, müssten Sie also möglichst hohe Details fahren – selbst wenn Ihre CPU eher schwach ausfällt (siehe FX-6350) profitiert eine AMD-Grafikkarte von der besseren GPU-Auslastung.

Aalglatte Frametimes

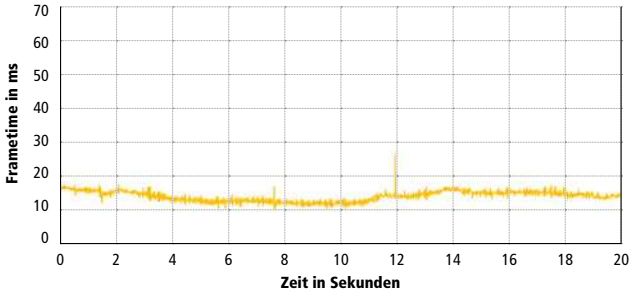
Die hohe Performance selbst mit schwächerer Hardware ist natürlich zu weiten Teilen nachvollziehbar: Im Gegensatz zu vielen anderen und insbesondere modernen Spielen muss Dirt 4 keine komplexe, offene Welt mit dutzenden NPCs und unzähligen Details abbilden. Die Strecken sind im Grunde ein simpel zu berechnender, linearer Schlauch oder ein kleines, stark begrenztes Areal mit einer Rundstrecke. Dies vereinfacht natürlich auch das Streaming ungemein, schließlich ist abzusehen, welche Daten in naher Zukunft benötigt werden – ein Open-World-Titel muss indes berücksichtigen, dass der Spieler sich in jedwede Richtung bewegen könnte und muss entsprechende Daten im Voraus bereithalten. Dennoch ist es ziemlich beeindruckend, wie sauber die Performance in Dirt 4 ausfallen kann. Unter dem Strich sind die von uns analysierten Frametimes ausgesprochen glatt. Einzig mit der Radeon R9 290 und dem Core i5-3570K kam es zu merklichen Mikroruckler, welche allerdings nur sensiblen Spielern auffallen dürften. Eventuell sind die 4 GiByte Speicher etwas zu knapp, wobei die Geforce GTX 970 bei denselben Details von solcherlei Rucklern verschont bleibt.

Bei unseren Prozessormessungen fällt dann auch auf, dass Dirt 4 selbst vier Kerne nicht konsequent auslastet. Die Ego-Engine unterstützt zwar Multithreading über viele Kerne, profitiert jedoch nur begrenzt von diesem. Erkenntlich wird dies in unseren Benchmarks auch durch den Umstand, dass Dirt 4 das einzige Spiel in diesem Artikel ist, das mit dem vierkernigen Core i5-3570K schneller läuft als mit dem Ryzen 7 1700X. Letzterer bräuchte einen höheren Takt, um aufzutrumpfen. Das weiß auch AMD, weshalb der Hersteller die höher taktende Ryzen-2000-Reihe veröffentlicht hat.

FX-6350 und GTX 770: Sauberes 60-Fps-Gaming in Full HD und hohen Details

Dirt 4 stellt im Vergleich mit sehr hohen Details weitaus geringere Anforderungen an die Hardware, wenn Sie die Einstellungen auf „hoch" reduzieren. Dann werden auch der Speicher unserer 2-GiByte-GPU und der FX-Prozessor entlastet, das System liefert saubere 60 Fps.

Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080, hohe Details

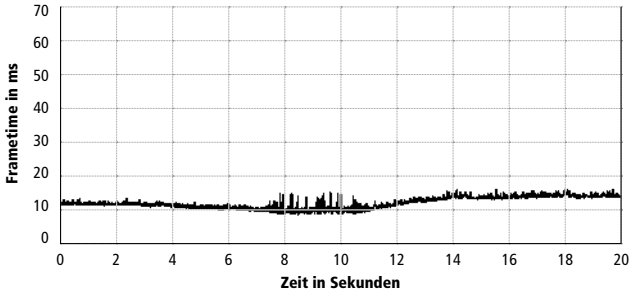


System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; GTX 770 OC/2G (~1.241 MHz, 7 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 70 Fps; P99-Perzentil: 58 Fps; P99,9-Perzentil: 56 Fps

FX-6350 und HD 7970: Effektiver Radeon-Boost erlaubt nochmals bessere Bildraten

Die HD 7970 ist eine ganze Ecke schneller als die GTX 770 und könnte auch sehr hohe Details flüssig darstellen. Allerdings wird es dann eng mit der Prozessorleistung. Alternativ können Sie mit der flotten Radeon Multisampling in geringer Stufe zuschalten, Speicher und Leistung dafür sind vorhanden.

Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080, hohe Details

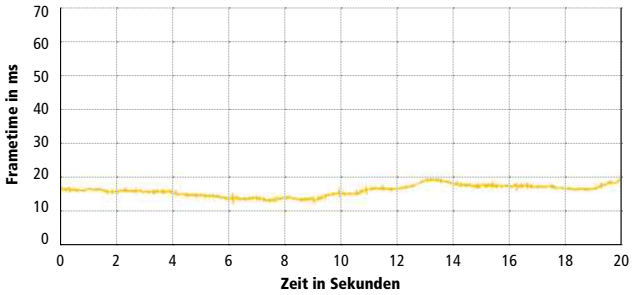


System: FX-6350 @ 4,6 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133; HD 7970 OC/3G (1.070 MHz, 6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 81 Fps; P99-Perzentil: 63 Fps; P99,9-Perzentil: 62 Fps

Core i5-3570K und GTX 970: Flüssige, jedoch nur ausreichende Leistung für volle Details

Die volle Detailstufe fordert der GPU verhältnismäßig viel ab. Die Geforce GTX 970 erzielt mit diesen in Full HD allerdings weitgehend stabile 60 Fps, die Bildausgabe ist außerdem ausgesprochen sauber und flüssig. Verzichten Sie auf maximale Details, können Sie stattdessem MSAA nutzen.

Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080, sehr hohe Details

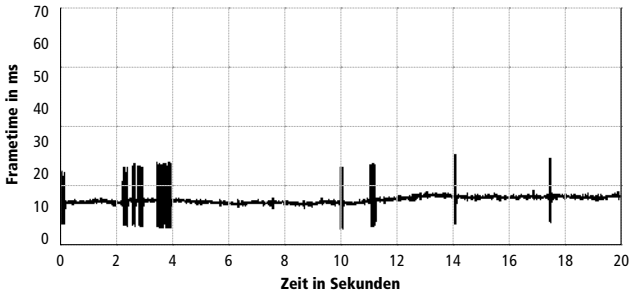


System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, GTX 970 OC/3,5+0,5G (~1.316 MHz, 7 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 61 Fps; P99-Perzentil: 51 Fps; P99,9-Perzentil: 50 Fps

Core i5-3570K und R9 290: Sehr schnell, aber nicht immer sauber

Analog zur HD 7970 zeigt auch die R9 290 in Dirt 4 eine sehr starke Performance und deklassiert die GTX 970. Allerdings ist die Bildausgabe nicht vollständig glatt. Entlasten wir die CPU mit Multisampling oder WQHD-Auflösung ein wenig, liefert das System noch gute 60 Fps bei sauberen Frametimes.

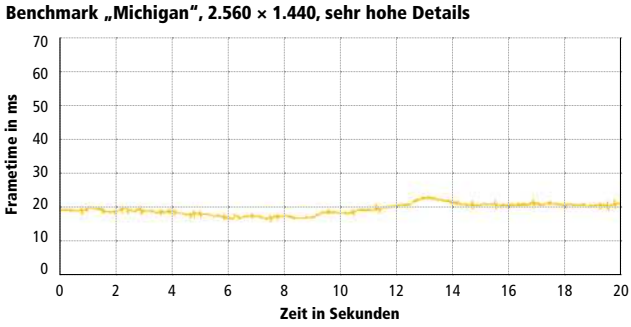
Benchmark „Michigan", 1.920 × 1.080, sehr hohe Details



System: Core i5-3570K @ 4,5 GHz, 2 × 4 GiByte DDR3-2133, R9 290 OC/4G (1.000 MHz, 5,2 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 74 Fps; P99-Perzentil: 42 Fps; P99,9-Perzentil: 39 Fps

Ryzen 7 1700 und GTX 1060: Angenehme und flüssige WQHD-Präsentation mit kleinen Schwächen

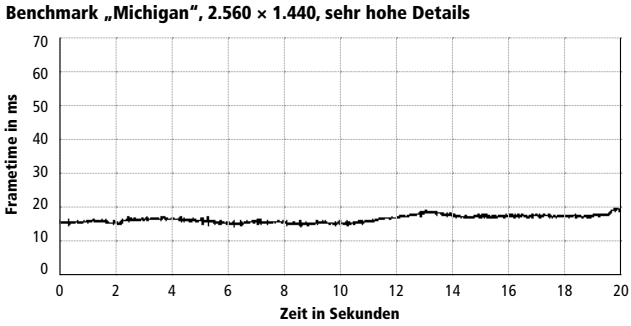
Unser flottes Mittelklasse-System kann Dirt 4 in WQHD-Auflösung ein beinahne perfektes 60-Fps-Erlebnis liefern. Alternativ können Sie in Full HD 4× MSAA zuschalten – das Multisampling ist ebenso teuer wie die Auflösungstufe. Die Frametimes sind außerordentlich glatt.



System: Ryzen 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, GTX 1060 OC/6G (~1.911 MHz, 8 GT/s), Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 57 Fps; P99-Perzentil: 40 Fps; P99,9-Perzentil: 37 Fps

Ryzen 7 1700 und RX 580: Das AMD-Dream-Team für WQHD und 60 Fps

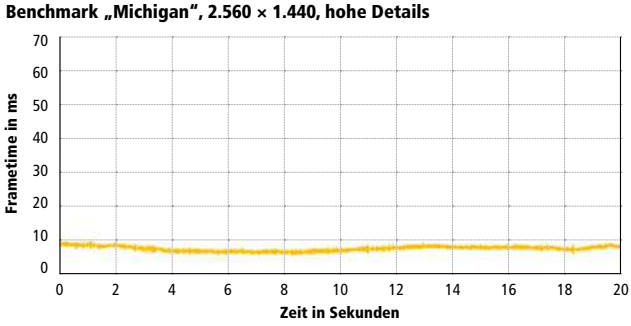
Auch mit einer Radeon RX 580 liefert das Ryzen-System eine sehr gute Performance in WQHD: Die Leistung liegt im Schnitt ähnlich hoch wie mit der GTX 1060, doch fallen lastbedingte Schwankungen der Bildraten mit der Radeon geringer aus. Das Spielgefühl ist nochmals sauberer.



System: Ryzen 1700X @ 3,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-2933, RX 580 OC/8G (~1.425 MHz, 8 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 60 Fps; P99-Perzentil: 52 Fps; P99,9-Perzentil: 50 Fps

i7-8700K und GTX 1070: Schnell und 144-Hz-tauglich mit hohen Details und WQHD-Auflösung

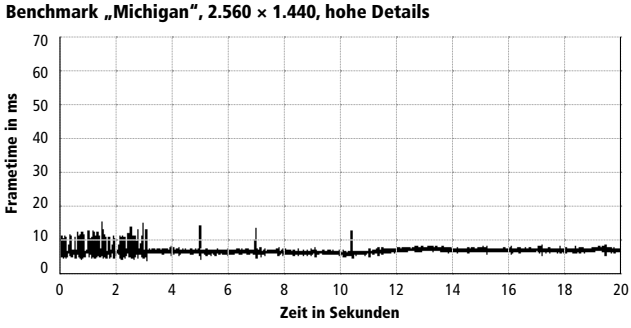
Um unseren Prozessor zu fordern, haben wir bei uns beim Oberklasse-System für ein 144-Hz-Target entschieden. Mit hohen Details liefert die Geforce GTX 1070 genügend Leistung, um das Ziel weitestgehend zu erreichen. In Ultra HD mit hohen Details reicht's für rund 80 Fps.



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, GTX 1070 OC (~1.987 MHz, 8,2 GT/s); Gef. 390.77 **Durchschnittsleistung:** 129 Fps; P99-Perzentil: 107 Fps; P99,9-Perzentil: 101 Fps

i7-8700K und RX Vega 56: Schnellstes Dirt-System im Test, aber mit kleinsten Unsauberkeiten

Vega reizt das 144-Hz-Target nochmals besser aus, allerdings kommt es hin und wieder zu winzigen Unsauberkeiten bei der Bildausgabe. In Ultra HD macht die Vega 56 eine gute Figur und liefert mehr als 80 Fps bei hoher Detailstufe; auf sehr hoch sind es noch deutlich über 50 Bilder pro Sekunde.



System: Core i7-8700K @ 4,8 GHz, 2 × 8 GiByte DDR4-3000, RX Vega 56 OC/8G (~1.530 MHz, 1,6 GT/s); RS 18.2.2 **Durchschnittsleistung:** 142 Fps; P99-Perzentil: 88 Fps; P99,9-Perzentil: 72 Fps

Der Einsteiger-PC

Sie suchen einen PC, der allem gewachsen und dennoch preiswert ist? Kein Problem, unsere Starter-Konfiguration liefert hohe Leistung zu einem moderaten dreistelligen Preis.

Hobbys tendieren dazu, mit der Zeit immer teurer zu werden. Spielen am PC ist keine Ausnahme, je nach Anspruch an Bildrate, Auflösung und Ergonomie kann der virtuelle Spaß sehr ins Geld gehen. Doch nicht jedermann ist bereit, Unsummen für einen spieletauglichen PC auszugeben. Falls auch Sie schon den Gedankengang „Wenn das nicht günstiger geht, kaufe ich mir eine Konsole“ hatten: Keine Sorge, Abhilfe ist nah.

Die bessere Konsole

Auf den folgenden Seiten finden Sie insgesamt fünf PC-Konfigurationen für verschiedene Einsatzgebiete und Budgets. Den Anfang macht, wie sollte es anders sein, der Einsteiger-PC. Streng genommen ist dieser Rechner kein echter Spar-PC, bei dem es auf den letzten Euro auf Kosten der Leistung ankommt. Stattdessen setzen wir die Messlatte etwas höher: Der PC soll in der Lage sein, aktuelle Spiele mit hohen Details in Full-HD-Auflösung zu schultern. Daraus ergibt sich automatisch auch eine gute Allround-Leistung – egal ob HD-Videos bei Netflix, Tabellenkalkulation in Excel oder Hobby-Bildbearbeitung, die vorgestellte Hardware ist den Anforderungen gewachsen.

Selbstverständlich müssen Sie bei einem Budget deutlich unter Tausend Euro hier und da Kompromisse eingehen. Videoschnitt ist beispielsweise keine Disziplin, bei der Sie superschnelle Ergebnisse erwarten sollten, und auch Spielen am Ultra-HD-Bildschirm ist kein kompatibler Wunsch. Alles Weitere stemmt die Hardware-Zusammenstellung jedoch locker.

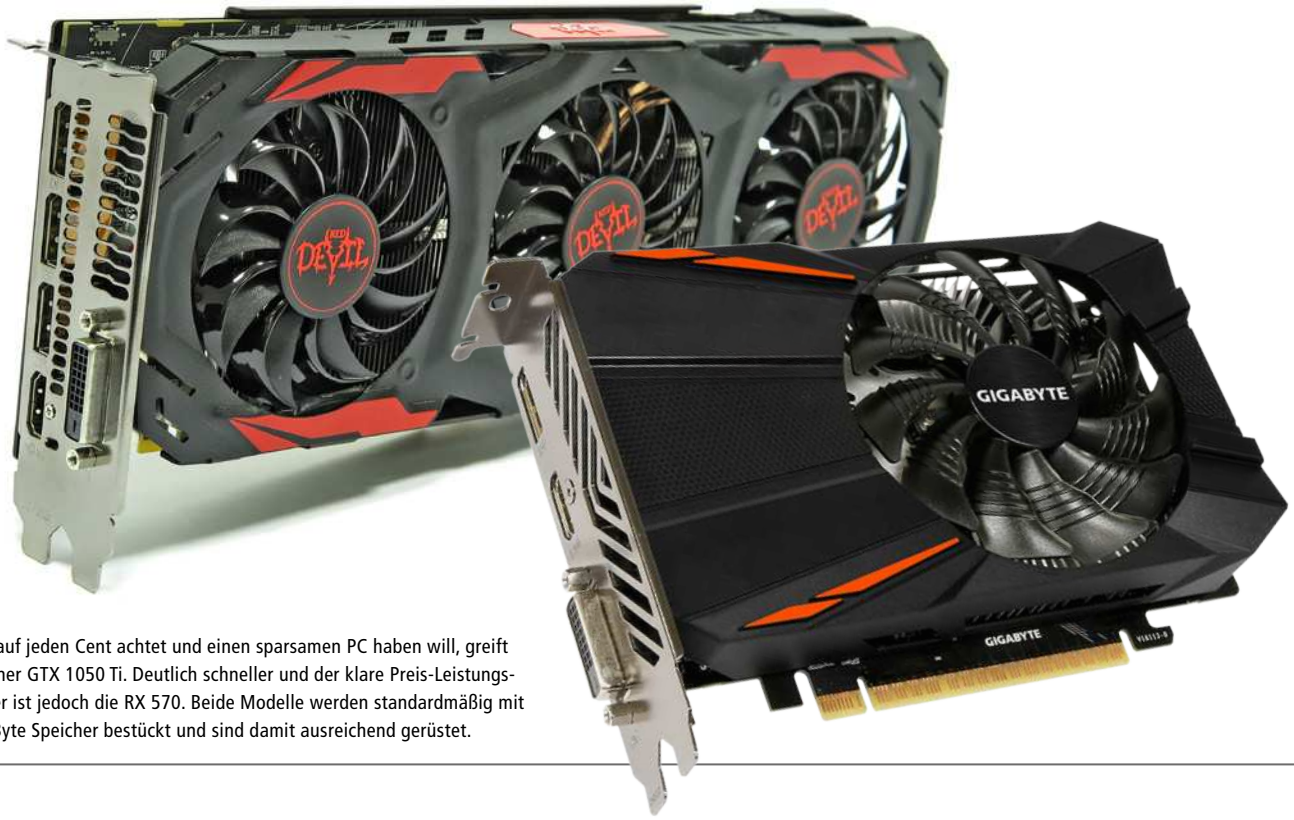
Vier ist gut, mehr ist besser

Ein neuer PC soll mehrere Jahre seinen Dienst verrichten, sodass sich eine kleine Investition in die Zukunft lohnt. Meiden Sie daher unbedingt Zweikern-Prozessoren, auch wenn diese mit vier Threads werben. Vier- und Sechskern-CPUs sind mittlerweile so günstig, dass man kaum drumherum kommt. Ähnliches gilt für den Speicher der Grafikkarte, hier haben sich 4 GiByte zum Standard gemausert – und das ist gut so, denn mehr Speicher führt früher oder später zu besserer Grafik in Spielen. Was den Hauptspeicher (RAM) angeht, sind 4 GiByte hingegen nicht mehr zeitgemäß, die Untergrenze liegt bei 8 GiByte, um im Alltag nicht beeinträchtigt zu werden. Einige Spiele, darunter Battlefield 5, laufen jedoch mit 16 GiByte etwas „runder“. Aufgrund der momentan hohen Speicherpreise raten wir daher nicht grundsätzlich zu 16 GiByte, die Investition lohnt sich jedoch auf lange Sicht. Da entsprechende Prozessoren am effektivsten mit zwei Riegeln für Dual-Channeling arbeiten, raten wir von der Idee ab, zuerst acht und nächstes Jahr noch mal acht GiByte zu kaufen. Greifen Sie zu einem Board, das vier Speicherbänke besitzt, das erleichtert eine spätere RAM-Erweiterung.

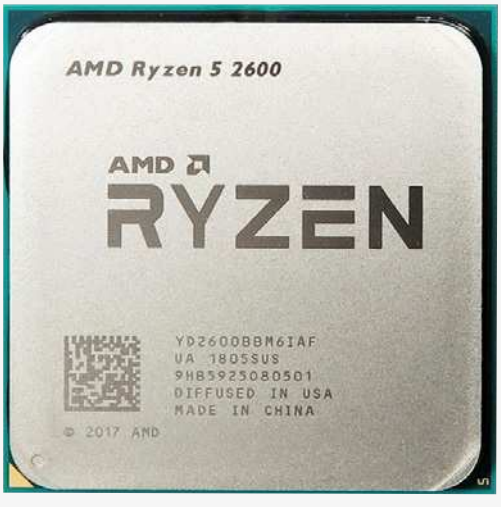
Grafikkarte

Wer spielen möchte, sollte bei der Grafikkarte nicht zu sehr sparen. Bei rund 200 Euro fängt der Spaß richtig an.

Ungefähr ein Jahr lang wurde die Grafikkarten-Mittelklasse von hohen Preisen geplagt. Mit dem Ende des Crypto-Mining-Booms haben sich Angebot und Preise jedoch wieder normalisiert. So ist die Radeon RX 570 mit 4 GiByte Speicher erstmals für 180 Euro erhältlich und stellt damit die 100-Prozent-Marke aus Preis-Leistungs-Sicht dar. Diese Summe zahlen Sie für die günstigsten Modelle (unter anderem Asus Expedition), welche im PCGH-Leistungsindex den Wert 35,8 Prozent erreichen und sich somit für flüssiges Full-HD-Gaming mit hohen bis maximalen Details eignen. Achtung: Es sind Modelle mit nur 1.500 anstatt 1.750 MHz Speichertakt in Umlauf, diese sollten Sie meiden. Unsere Empfehlung liegt etwas darüber: Für rund 200 Euro erhalten Sie mit der Powercolor Radeon RX 570 Red Devil eine überdurchschnittlich schnelle Variante der AMD-Mittelklasse. Der Kern arbeitet laut PCGH-Tests mit konstanten 1.320 MHz und somit gute 100 MHz mehr als die günstigen Varianten, welche aufgrund des strikteren Powerlimits ihren Takt senken müssen. Die Leistungsaufnahme liegt unter Spielelast bei rund 220 Watt, die maximale Lautheit bei moderaten 2,7 Sone. Falls Sie einen sparsameren und zudem günstigeren Rechner zusammenstellen möchten, ist eine Grafikkarte auf Basis der Geforce GTX 1050 Ti eine gute Wahl. Entsprechende Modelle erhalten Sie schon ab 160 Euro – diese sind jedoch circa 30 Prozent langsamer als die RX 570. Der große Vorteil ist die geringe Leistungsaufnahme zwischen 50 und 80 Watt, je nach Modell. Viele Karten kommen daher ohne zusätzlichen Stromstecker vom Netzteil aus.



Wer auf jeden Cent achtet und einen sparsamen PC haben will, greift zu einer GTX 1050 Ti. Deutlich schneller und der klare Preis-Leistungs-Sieger ist jedoch die RX 570. Beide Modelle werden standardmäßig mit 4 GiByte Speicher bestückt und sind damit ausreichend gerüstet.



Prozessor

Der sechskernige Ryzen 5 2600 bietet ein unschlagbares Preis-Leistungs-Verhältnis und ist daher unsere Empfehlung anstelle eines Vierkerners.

Ein Sechskern-Prozessor im Einsteiger-PC? Wie dekadent! Tatsächlich stand hier zunächst der Ryzen 5 2400G. Dieser Prozessor bietet vier Kerne und die Fähigkeit, mit acht Threads parallel zu hantieren. Außerdem beherbergt der rund 140 Euro teure AMD-Chip eine integrierte Radeon-Grafikeinheit der Vega-Generation. Das ist mehr als ausreichend für DOTA 2, Overwatch, Counter-Strike und Minecraft sowie natürlich HD-Videos und Office-Anwendungen. Bei Redaktionsschluss dieser Ausgabe kostete der AMD Ryzen 5 2600 jedoch nur etwa 25 Euro mehr (rund 18 Prozent). Dafür bietet er sechs Kerne (12 Threads), somit rund 50 Prozent mehr Rechenleistung sowie eine deutlich größere Zukunftstauglichkeit. Moderne Spiele wie Assassin's Creed Origins (und auch Odyssey) sowie Shadow of the Tomb Raider skalieren bereits deutlich über 4C/8T hinaus, mit fühlbar besseren Bildraten. Wer einen absoluten Spar-PC ohne Extra-Grafikkarte bauen möchte, kann hingegen getrost zum Ryzen 5 2400G greifen.

Mainboard

Asrock führt mit dem B450M Pro4 ein 75-Euro-Mainboard, das selbst 100-Euro-Konkurrenz die Stirn bietet.

Asrocks B350M Pro4 war über ein Jahr lang der PCGH-Spartipp für die AM4-Plattform. Dessen Nachfolger B450M Pro4 behält sämtliche Stärken seines Vorgängers, beseitigt mit USB-3.1-Unterstützung (10 GBit/s) und deutlich mehr PWM-Lüfteranschlüssen aber zwei große Schwächen. Geblieben ist das optimale Layout, das das Beste aus den Größenverhältnissen macht, die etwas heißen Spannungswandler, welche nur Übertakter tangieren, und der recht schwache Onboard-Sound (Realtek ALC 892 ohne zusätzlichen Verstärker oder gar DAC).

Spartipp für AM4-Käufer: Das Micro-ATX-„Brettchen" von Asrock bietet alles, was das Herz begehrt, und ist dennoch unschlagbar günstig.

Netzteil

Wir statten den Einsteiger-PC mit einem Be quiet System Power 9 500W und somit einem kleinen Watt-Puffer aus.

Theoretisch liegt der Verbrauch des Einsteiger-PCs unter 400 Watt Nominalleistung, damit Sie aber später etwas Spielraum für Upgrades oder Erweiterungen haben, fällt die Wahl auf ein 500 Watt starkes System-Power-Netzteil von Be quiet. Mit zwei unabhängigen 12-Volt-Schienen und der bewährten DC-DC-Topologie sollte es zu keinerlei Problemen in Crossload-Szenarien kommen und gleichzeitig ist die Spannungsstabilität gesichert. Ein recht laufruhiger 120-mm-Lüfter, der temperaturgesteuert wird, sorgt für die nötige aktive Kühlung der Baugruppen. Das Netzteil hat eine Bronze-Zertifizierung von der 80-Plus-Initiative bekommen und erreicht somit bei Halblast (250W) einen Wirkungsgrad von 0,88 und bei Volllast eine Effizienz von 85 Prozent. Zusätzlich hat Be quiet eine Phalanx aus sechs verschiedenen Schutzschaltungen verbaut, sodass Sie sich keinerlei Sorgen machen müssen.

Be quiet System Power 9: Der Hersteller liefert seit Jahren konstant gute Leistung, so auch hier.

SSD

Jeder möchte ein schnelles sowie lautloses Solid State Drive, doch übersteigt der Gigabyte-Preis noch immer den der HDDs.

Je nachdem, was Sie mit Ihrem günstigen PC vorhaben und ob Sie ihm eine klassische Festplatte zusätzlich spendieren, kommen unterschiedliche SSD-Kapazitäten infrage. Auf das Preis-Leistungs-Verhältnis reduziert, sind Modelle mit 500/512 GByte mittlerweile attraktiver als solche mit 250/256 GByte. Wählen Sie ein halbes Terabyte, erhalten Sie eine Speichermenge, die für das Betriebssystem sowie einige Spiele und weitere Daten ausreicht. Ein attraktives 500-GByte-Modell stellt beispielsweise die neue Samsung SSD 860 Evo dar, welche Sie schon ab 95 Euro erhalten. Zum Vergleich: Die 250-GB-Variante kostet rund 65 Euro und somit pro Gigabyte deutlich mehr. Für das Samsung-Produkt sprechen außerdem die überdurchschnittliche Leistung sowie die fünf Jahre andauernde Herstellergarantie. Tipp: Wenn Sie die SSD im M.2-Format kaufen, spart das Platz, die Leistung ändert sich jedoch nicht.

Samsung SSD 860 Evo 500GB: schnell, lautlos, günstig.

HDD

Wer viele Daten verstauen möchte, der stellt der SSD eine klassische HDD zur Seite. Diese Komponente ist optional.

Bevor die SSDs ihren Siegeszug antraten, verrichteten Magnetfestplatten in jedem Computer ihren Dienst. Die dort vorhandene Mechanik rund um die sich drehenden Daten-Platter führt zu einer charakteristischen Geräuschkulisse, Wärmeabgabe und Anfälligkeit für Erschütterungen. All das kümmert SSDs nicht, allerdings haben HDDs einen letzten Trumpf im sprichwörtlichen Ärmel: Kapazität. Zwar können Sie mittlerweile auch SDDs mit mehr als 4 Terabyte kaufen, allerdings nicht für dreistellige Eurosummen. Wer günstig Daten verstauen möchte, ohne ein externes Laufwerk zu bemühen, der greift beispielsweise zur 40 Euro günstigen WD Blue 1 TB. Sie arbeitet mit 5.400 Umdrehungen pro Minute und stellt Daten somit – für HDD-Verhältnisse – leise bereit. Hier können Sie Performance-unkritische Daten wie Filme speichern, während moderne Spiele zum Wohle der Bildrate auf der SSD landen.

Western Digital WD Blue 1TB: günstig und groß

Prozessorkühler

Kaufen Sie eine Boxed-CPU, ist ein Kühler dabei. Für 25 Euro zusätzlich erhalten Sie mehr Leistung bei weniger Geräusch.

Arctic Freezer 33: Unser Preis-Leistungs-Tipp, wenn der Boxedkühler nicht genügt.

Ein besserer Kühler hilft dabei, den Rechner leiser zu machen, und ebnet außerdem einer Übertaktung den Weg – wer keinerlei OC-Ambitionen hegt, wird möglicherweise schon mit dem beiliegenden Boxedkühler glücklich. Der nicht einmal 25 Euro teure Arctic Freezer 33 kommt mit einem spartanischen Lieferumfang und ohne optische Schmankerl. Aber muss ein Prozessorkühler mehr können, als leise arbeitend akzeptable Temperaturen zu erreichen? Das entscheiden Sie – der AMD-Boxedkühler wird auf jeden Fall deutlich geschlagen. Der Nachfolger des Freezer i32 erbt dessen Stärken, bietet darüber hinaus eine AM4-Halterung und ist erneut ein echter Spar-Tipp gemäß PCGH-Wertungsmethodik. Leider ebenfalls geblieben sind die steil ansteigende PWM-Kurve des Nebengeräusch-anfälligen Lüfters – wir raten zu analoger Regelung.

Arbeitsspeicher

16 GiByte RAM sollten's heutzutage schon sein, um für alle Situationen und Anwendungen gerüstet zu sein.

Die AMD-Spezifikation sieht für Ryzen-2000-Prozessoren (Threadripper ausgenommen) zwei Maximalgeschwindigkeiten vor: DDR4-2933 (single-ranked) oder DDR4-2667 (dual-ranked). Die Anzahl der Ranks (Kanäle auf dem Speicherriegel) wirkt sich auf die Geschwindigkeit aus, DR-Speicher ist pro Takt ein paar Prozente schneller als SR-RAM. Für den Einsteiger-PC wählen wir das 2×8er-Kit G.Skill Aegis (DDR4-3000, CL16), das ab rund 130 Euro erhältlich ist. Das Kit ist schneller als es AMD vorsieht und bietet somit einen Puffer für manuelles Overclocking.

Ryzen-2000-Prozessoren laufen spezifikationsgemäß höchstens mit DDR4-2933 (single-ranked) oder DDR4-2667 (dual-ranked) – alles darüber ist Overclocking.

Gehäuse

Sharkoons S25-W (für Window) bietet eine ordentliche Ausstattung und Leistung für sparsame Spieler.

Bei Sharkoons Innenraumdesign verschwinden das Netzteil sowie zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkshalterungen in einer Kammer mit einer Aussparung für die Kabel des Stromgebers. Zwei weitere Befestigungsmöglichkeiten für SSDs/2,5-Zoll-HDDs sind auf der Rückseite der Platinenhalterung zu finden und in den 5,25-Laufwerkskäfig passen alternativ eine 3,5-Zoll- sowie zwei 2,5-Festplatten. Der Deckel ist offen und nimmt wahlweise drei 120-mm- oder zwei 140-mm-Lüfter auf. Ein magnetischer Staubschutz gehört genauso zum Lieferumfang wie der blau beleuchtete 120-mm-Hecklüfter und das 120-mm-Frontlüfterpärchen.

Das mittelgroße Gehäuse verfügt mit 43,9 Litern Volumen über ausreichend Platz für den Einbau der Hardware und liefert im PCGH-Test keinen Anlass zu Kritik. Ganz im Gegenteil bietet das Sharkoon S25-W trotz des sehr günstigen Preises von 50 Euro eine gute Leistung. Mit Temperaturen von rund 67 °C (CPU), 72 °C (GPU) und 43 °C (Innenraum) liegt es im Mittelfeld, bei der Lüfterlautheit messen wir mit 1,4/1,6 Sone sogar den niedrigsten Wert im damaligen Vergleich.

Ein Sichtfenster, magnetischer Staubschutz für den Deckel sowie zwei 120-Millimeter-Frontlüfter gehören bei Sharkoons S25-W zum Lieferumfang.

Der Mittelklasse-PC

Mittelmaß beim Preis, aber überdurchschnittlich bei der Leistung, so lautet das Motto bei dieser Konfiguration. Hier werden fast alle Anwender glücklich.

Schenkt man der Steam-Statistik Glauben, spielen selbst 2018 noch die meisten Menschen in Full-HD-Auflösung. Doch WQHD mit 2.560 × 1.440 Pixel ist ungebremst auf dem Vormarsch, das feinere Bild zieht immer mehr PC-Zocker an. Damit steigen die Anforderungen an die Grafikkarte deutlich. Unser Mittelklasse-Rechner ist beiden Auflösungen gewachsen. Wer noch höhere Ansprüche an ein feines Bild hegt und daher auf ein Ultra-HD-Display schielt, der sollte sich bei der anschließenden High-End-Konfiguration umsehen.

Mehr von allem

Unsere Hardware-Komposition für den Mittelklasse-PC besteht aus den Preis-Leistungs-Siegern der aktuellen Produktlinien. Die Komponenten sind so gewählt, dass sie nicht nur im Hier und Jetzt eine hohe Leistung liefern, sondern auch kommenden Spielen standhalten. Das ist der Hauptvorteil gegenüber der Einsteigerkonfiguration, welche aufgrund der Grafikkarte nur bedingt zukunftstauglich ist.

Für eine ordentliche Grundleistung sorgt auch in diesem PC ein Ryzen-2000-Prozessor mit sechs Kernen. Dabei handelt es sich nur um ein preislich besonders empfehlenswertes Beispiel; je nach Budget können Sie auch auf einen Achtkerner gehen – Empfehlungen haben wir auf der folgenden Seite für Sie. Egal, ob das Übertakten infrage kommt oder nicht, eine Kühler-Empfehlung haben wir auch parat. Derart ausgestattet können Sie auch nach ein paar Jahren an der Taktschraube drehen.

Wie alle modernen Prozessoren ist auch Ryzen auf den Betrieb mit DDR4-Speicher getrimmt. Wir installieren ein 16-GiByte-Kit, denn moderne High-End-Spiele wie Battlefield 5 und Final Fantasy 15 stoßen mit 8 GiByte RAM an die Ruckelgrenze. Da der Aufpreis für DDR4-3000 nur wenige Euro beträgt, nehmen wir das Leistungsplus gegenüber DDR4-2667 mit und raten Ihnen ebenfalls dazu, denn dann ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass der Speicher auch ein guter Gefährte für den Nachfolge-PC in ein paar Jahren ist.

Bei der Grafikkarte passen prinzipiell zwei Preisklassen gut zu der vorgestellten Infrastruktur. Wer in 2.560 × 1.440 alias WQHD spielt, greift am besten zu einer Geforce GTX 1070 oder Radeon RX Vega 56 (ab 380 respektive 400 Euro). Diese Grafikkarten sind für Full HD beinahe überdimensioniert, für Liebhaber hoher Bildraten aber genau richtig. Deutlich langsamer, aber aus Preis-Leistungs-Sicht genauso gut sind die nächstkleineren Modelle Radeon RX 580/8G und Geforce GTX 1060/6G, welche jeweils ab circa 250 Euro verfügbar sind. Falls Sie planen, auf absehbare Zeit bei Full HD zu bleiben, machen Sie hier nichts verkehrt. Wer auf lange Sicht plant, greift zu den 400-Euro-Boliden.

Grafikkarte

Ein Mittelklasse-PC sollte sich bei Bedarf für eine höhere Auflösung als Full High Definition eignen. Wir raten daher zu einer GTX 1070 oder RX Vega 56.

Eine Geforce GTX 1070 für deutlich weniger als 400 Euro? Noch vor wenigen Monaten waren die derzeitigen Preise reines Wunschdenken, mittlerweile sieht das Angebot am Grafikkartenmarkt jedoch deutlich freundlicher aus. Das gilt nicht für das obere Ende, High-End genannt, wo Nvidia für die Turing-Grafikkarten viel Geld verlangt. Die ältere GPU-Generation rund um Vega und Pascal ist jedoch auf einem Niveau angekommen, das Aufrüstgelüste weckt. Dass Nvidias Pascal-Chips schon mehr als zwei Jahre auf dem Buckel haben, muss uns nicht stören – das Preis-Leistungs-Verhältnis ist nach der Preiskorrektur bei den meisten Modellen gut. Der zweite Grund, die Grafikleistung genüber der Einsteiger-Konfiguration stark aufzumöbeln, ist die Popularität von Monitoren mit 2.560 × 1.440 Pixeln. Wir zollen dieser Entwicklung Tribut und präsentieren Ihnen den Vergleich von 18 entsprechenden Bildschirmen mit 144 Hertz Bildwiederholrate in diesem Heft. Passend zu alldem kommt unsere Mittelklasse-Empfehlung erstmals aus dem 400-Euro-Segment. Unsere Wahl fällt auf die MSI Geforce GTX 1070 Armor 8G OC (ca. 380 Euro), ein leise gekühltes und werkseitig übertaktetes Custom-Design. Gegenüber einer Radeon RX 570 erreicht ein solches Modell im Mittel um 65 Prozent höhere Bildraten, gegenüber einer RX 580 oder GTX 1060 noch ein gutes Drittel (circa +35 Prozent Fps).

GTX-1070-Grafikkarten werden, ebenso wie die RTX 2080/2070 und GTX 1080, stets mit 8 GiByte Speicher ausgestattet. Diese Menge genügt bis auf absehbare Zeit für sorgenfreie Performance. Wichtig: Geforce-Grafikkarten sind im Gegensatz zu Radeon-Chips in der Lage, G-Sync-Displays mit variabler Bildwiederholrate anzusteuern. Wer sich hingegen für ein Freesync-LCD entscheidet – die Auswahl am Markt ist deutlich größer und die Preise sind niedriger –, der benötigt eine Radeon-Grafikkarte, um dieses optimal anzusteuern. Ein empfehlenswertes, leises Modell ist beispielsweise die Asus Radeon RX Vega 56 Strix O8G (Bild unten).

Nutzer eines Freesync- oder G-Sync-Monitors sind auf eine kompatible Grafikkarte angewiesen. Wer noch einen klassisches LCD mit statischer Bildwiederholrate verwendet, kann bedenkenlos irgendein Modell kaufen. Das beste Preis-Leistungs-Verhältnis liefert eine übertaktete GTX 1070 (oberes Bild).

Die Ryzen-Prozessoren liefern auf dem AM4-Unterbau ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Prozessor

Auch der Mittelklasse-PC setzt auf AMDs Preis-Leistungs-Kracher Ryzen 5 2600.

Wer rund 200 Euro für einen Prozessor zur Verfügung hat, sieht sich mit einem breiten Angebot konfrontiert. Prinzipiell ist das gut, allerdings verliert man schnell den Überblick. Wir raten der Einfachheit halber auch beim Mittelklasse-PC zu einem Ryzen 5 2600 (ab ca. 160 Euro). AMDs Sechskerner ist dank Simultaneous Multi-Threading (SMT) in der Lage, bis zu 12 Threads parallel abzuarbeiten. Damit ist der Chip nicht nur allen Spielen gewachsen, sondern liefert auch eine hohe Renderleistung für Videoschnitt, Bildbearbeitung & Co. Wer im Preisvergleich nach ähnlichen Prozessoren sucht, wird seinen großen Bruder, den Ryzen 5 2600X, sowie den Ryzen 7 1700(X) erspähen. Alle drei sind für ungefähr 210 Euro zu haben und stellen gute Alternativen dar. Der 2600X taktet werkseitig höher als der 2600, der Aufpreis übersteigt aber die Leistungsdifferenz und weitere Vorteile ergeben sich nicht.

Wer viele Kerne benötigt, für den stellt womöglich der ältere Ryzen 7 1700X die beste Wahl dar: Er verfügt über acht Cores (16 Threads) und somit bei gleichem Takt über beinahe 33 Prozent mehr Kraft als die 2600er-Modelle. In Sachen Overclocking-Potenzial unterscheiden sich die Chips kaum; die Ryzen-2000-Prozessoren lassen sich dank verbesserter Fertigung in der Regel etwas über 4 GHz treiben (alle Kerne), während die 1000er-Reihe knapp unter dieser Schallmauer ausgereizt ist. Gute Kühlung hilft dabei, die letzten 100 MHz aus den Kernen zu pressen, allerdings sollten Sie beachten, dass jenseits von 4 GHz hohe Spannungen notwendig sind und daher die Effizienzkurve steil nach unten geht.

Mainboard

Gegenüber der Einsteiger-Konfiguration investieren wir hier in weitere Funktionen und größeres OC-Potenzial.

Der Markt hält eine Vielzahl an AM4-Hauptplatinen mit den aktuellen X470- und B450-Hubs bereit – allein MSI bietet neun Varianten zwischen rund 75 und 230 Euro an. Sucht man gezielt nach einem guten Preis-Leistungs-Verhältnis, wird die Auswahl wesentlich geringer. Genügsame Anwender sollten sich nach einem B450-Board umsehen, während passionierte Übertakter bei höherpreisigen X470-Platinen fündig werden.

Unsere Wahl für den Mittelklasse-PC fällt auf das MSI B450 Gaming Plus. Grund hierfür ist vor allem der günstige Preis von rund 90 Euro. Dafür bekommen Sie bereits recht groß dimensionierte Spannungswandlerkühler, einen M.2-Steckplatz mit voller PCI-E-×4-Anbindung und zwei RGB-4-Pin-Anschlüsse. Wenn Sie Ihre CPU stark übertakten möchten und zudem etwas mehr Budget zur Verfügung haben, können Sie auch zum MSI B450 Gaming Pro Carbon AC für etwa 35 Euro mehr greifen. Dieses bietet neben einer stärkeren Spannungsversorgung und Spannungswandlerkühlung auch ein integriertes WLAN-Modul, welches neben dem normalen 2,4-GHz- auch das 5-GHz-Band unterstützt und somit hohe Durchsatzraten erreichen kann. Des Weiteren bietet es eine ausgeprägtere RGB-Beleuchtung und einen zweiten M.2-Slot, welcher allerdings langsamer agiert.

Ein solider Unterbau für Ryzen-Mittelklasse-Systeme, der auch zum Übertakten verwendet werden kann: MSI B450 Gaming Plus.

Netzteil

Ein Mittelklasse-PC ist mit einem modernen 550-Watt-Netzteil mehr als nur versorgt. Wir planen einen Puffer ein.

Das Straight Power 11 von Be quiet ist eine erfolgreiche und gut umgesetzte Revision des Vorgängermodells und wurde mit einem Kabelmanagement und fünf Jahren Garantie ausgestattet. Durch den Einsatz modernster Topologien, von Halbbrücken über LLC-Kreise hin zu der DC-DC-Wandlung, kann das Netzteil in allen wichtigen Belangen glänzen: exzellente Effizienzwerte, die schon in Richtung Platinum schielen, eine sehr gute Spannungsregulation und eine tolle Ripple-Unterdrückung sprechen für das Produkt. Dank Multi-Rails und diverser Schutzschaltungen können die 550 Watt Gesamtleistung zudem sicher und bedenkenlos eingesetzt werden. Für Geräuschempfindliche ist dieses Netzteil ideal geeignet: Der 135-mm-Lüfter erzeugt nur 0,1 Sone bis 60 Prozent Last und gerade mal 0,6 Sone bei Volllast.

Straight Power 11 Modular 80+ Gold: Abnehmbare Kabel, leise Lüfter und 5 Jahre Garantie

SSD

1-Terabyte-SSDs sind mittlerweile bezahlbar. Wir spendieren der Mittelklasse ein entsprechendes Laufwerk.

Ob Sie auf die Kombination aus SSD und HDD setzen oder direkt eine große SSD kaufen, bleibt Ihnen überlassen. Wir investieren das gesamte Budget (ca. 190 Euro) in eine lautlose und schnelle Samsung SSD 860 Evo 1TB mit SATA-Anbindung. Die formatierte Kapazität beträgt 931 GiByte und ist somit mehr als ausreichend für das Betriebssystem sowie einige Spiele – sogar Brocken wie GTA 5 und Final Fantasy 15. Die Leistung eines solchen Laufwerks ist jeder Magnetplatte haushoch überlegen. Falls Sie viele Daten kopieren, können Sie darüber nachdenken, ob nicht vielleicht eine M.2-SSD mit rasanter NVMe-Anbindung die bessere Wahl darstellt, auch wenn diese teurer sind.

Samsung SSD 860 Evo 1TB: Dank SATA-Anbindung preislich attraktiv.

DARK BASE 700

Beeindruckende Kühlleistung, leiser Betrieb

- Erweiterte Möglichkeiten für individuelle Anforderungen
- Zwei be quiet! Silent Wings 3 140mm PWM Lüfter
- Fortschrittlichste Lüftersteuerung
- Platz für Wasserkühlungsradiatoren bis zu 360mm
- LED-Außenbeleuchtung mit 6 wählbaren Farben

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER
*GfK 2018

be quiet!®

Prozessorkühler

Wer leise übertakten möchte, sollte nicht am Kühler sparen. Unsere Empfehlung gibt's für weniger als 45 Euro.

Der Brocken 3 stellt seit einiger Zeit unsere Empfehlung für all jene dar, die auf den Preis achten und dennoch überdurchschnittliche Leistung wünschen. Der EKL-Kühler erreicht dieses Ziel mithilfe eines 140-mm-Single-Formats und fünf freiliegenden Heatpipes. Im PCGH-Test überzeugt der Lüfter mit leisen 1,0 Sone bei maximaler Drehzahl und einem auch in gedrosseltem Zustand nicht heraushörbaren Lager. Die Abstimmung verdient das Prädikat „optimal" – mit unserem Referenzlüfter bestückt, gehört die Leistung sogar zur absoluten Spitze. Bei 480 U/min schlägt der Brocken 3 einige Doppel-Turm-Boliden. Auch mit dem Serienlüfter liegen die Stärken im unteren Drehzahlbereich, was Silent-Freunde aufhorchen lässt.

EKL Brocken 3: starker, einfach belüfteter Kühler, der jeden Ryzen kaltstellen kann.

Arbeitsspeicher

Ryzen-CPUs blühen mit schnellem Speicher auf. Wir spendieren auch dieser Konfiguration 2 × 8 GiByte DDR4-3000-RAM.

Bereits unser Einsteiger-PC setzt auf 2 × 8 (= 16) GiByte DDR4, um einen soliden Grundstock für aktuelle sowie folgende Speicherfresser bereitzuhalten. Damit sich der Prozessor auch bei manueller Übertaktung optimal entfalten kann, stellen wir ihm erneut nicht nur die Mindestgeschwindigkeit zur Verfügung, sondern DDR4-3000 in Form des Kits G.Skill Aegis (CL16). Beachten Sie, dass alles oberhalb von DDR4-2933 mit zwei Riegeln einer Übertaktung der Infrastruktur entspricht.

DDR4-3000 stellt derzeit einen guten Kompromiss aus Preis und Leistung dar. Wer ein 2400- oder 2667er-Kit kauft, spart meist nur wenige Euros.

Gehäuse

LC-Power Gaming 993W Covertaker: Der „RGB-Glaspalast" ist jetzt auch in weißer Farbe erhältlich.

Wie bei der schwarzen Version des Covertaker sind die vier RGB-Lüfter, welche dank des gläsernen Seitenteils sowie halbverglaster Front prominent präsentiert werden, das Highlight. Die Steuerung der Luftquirle übernimmt eine Platine auf der Rückseite der Mainboardhalterung. Hier lassen sich insgesamt sieben RGB-Lüfter anbringen, deren Farbe und deren Effekte Sie mit der mitgelieferten Fernbedienung wählen können. Wie die meisten Hersteller bietet auch LC-Power eine Zweikammeraufteilung des Innenraums. Unter der Netzteilabdeckung, auf der sich ein zusätzlicher Montageplatz für einen 120-mm-Lüfter befindet, ist ein Käfig für zwei 3,5-/2,5-Zoll-Laufwerke untergebracht. Weitere Montagemöglichkeiten für drei 3,5-Zoll-HDDs sind auf der Rückseite der Mainboardhalterung positioniert. Eine spezielle Halterung oder Entkopplung für die Festplatten fehlt. Dafür verfügt das Gaming 993W über einen halboffenen Deckel mit Staubschutz, in den zwei 120-mm-Lüfter oder ein 240-mm-Radiator passen. Der nicht ganz geschlossene Deckel macht sich bei der Messung der Kühlleistung und Lüfterlautheit bemerkbar. Einerseits bleiben Prozessor und Grafikkarte mit 62 respektive 73 °C schön kühl, weil aufgewärmte Luft nach oben abziehen kann, andererseits dringt mit von uns gemessenen 1,6/1,7 Sone leicht überdurchschnittlich viel Geräusch aus dem LC-Power-Gehäuse.

LC-Power Gaming 993W Covertaker (ab 95 Euro): Wer seine Hardware gerne in Szene setzt, wird dank großer Glasflächen und Beleuchtung Spaß haben.

SILENT LOOP
Beeindruckende Kühlleistung, leiser Betrieb
- Entkoppelte Reverse-Flow-Pumpe für flüsterleisen Betrieb
- Bis zu drei be quiet! Pure Wings 2 PWM Lüfter
- Vollkupfer-Radiator für hohe Kühlperformance
- Nachfüll-Port für lange Lebensdauer

GERMANY'S NO. 1* PSU MANUFACTURER
*GfK 2018
be quiet!®

Der High-End-PC

Sie suchen einen möglichst starken, aber noch bezahlbaren Gaming-PC? Kein Problem – Sie müssen lediglich die absolute Leistungsspitze vermeiden.

Jede Hardware-Generation hält neue Leistungs-Champions bereit, welche die Grenze des Machbaren aufzeigen und einen besonderen Reiz auf uns ausüben. Preislich attraktiv ist jedoch keiner von ihnen, sodass die Faszination spätestens bei der Shopping-Tour der Ernüchterung weicht. Unser High-End-Bauvorschlag berücksichtigt das extreme Ansteigen der Preiskurve am „highest end" – und lässt es daher links liegen.

Potent, aber nicht dekadent

Egal ob Prozessor oder Grafikkarte: Wo ein Sieger ist, da sind die Zweit- und Drittplatzierten nicht weit. Je tiefer man von oben nach unten steigt, desto besser wird das Preis-Leistungs-Verhältnis. Da wir an dieser Stelle einen High-End-PC zusammenstellen, bleiben wir weit oben: nahe der Dekadenz eines Enthusiast-PCs und in leichter Entfernung zur Mittelklasse. Unter dem Strich steht ein mächtiger Rechner, der alle Aufgaben rasend schnell erledigt und selbst hohen Ansprüchen ein paar Jahre genügen wird, trotz alledem aber bezahlbar ist.

Ein Blick auf die derzeit schnellsten Komponenten offenbart hohe vierstellige Summen sowohl für Prozessor als auch Grafikkarte. So kostet der Intel Core i9-7980XE rund 2.000 Euro, während Nvidias Titan V sogar mit 3.200 Euro zu Buche schlägt – mit diesem Budget bauen Normalsterbliche gleich mehrere PCs inklusive Peripherie auf.

Vor allem beim Prozessor können Spieler ordentlich sparen, denn die Hardware ist der Software weit voraus. Während produktive Anwendungen wie Video-Bearbeitung längst in der Lage sind, die zahlreichen Rechenwerke aktueller Prozessorboliden auszulasten, hinkt die Welt der PC-Spiele diesem Zustand weit hinterher. Die besten Game-Engines sind in der Lage, von Sechs- und Achtkern-CPUs zu profitieren – Assassin's Creed Origins und Battlefield 5 beispielsweise –, allerdings sind sie weit entfernt von einer linearen Skalierung jenseits von vier Kernen. Das Gros der Spiele ist mit einem Quadcore gut bedient. In 99 Prozent der Fälle stellt ein Sechskerner nahe 4 GHz das Optimum dar.

Bei der Grafikkarte ist die Lage grundsätzlich anders, hier führt jedes zusätzliche Rechenwerk zu einer höheren Leistung. GPUs lasten sich selbstständig aus, um die zahlreichen Effekte und Pixel moderner PC-Spiele möglichst schnell zu berechnen. Und führt ein GPU-Upgrade mal nicht zum gewünschten Fps-Sprung, lässt sich die Leistung in Bildqualität ummünzen – ein feiner auflösender Bildschirm macht's möglich. Mit Nvidias Turing-Generation (Geforce RTX) rückt der Fokus auf Raytracing sowie die grafische Aufwertung durch künstliche Intelligenz. Wer auf diese Spielerei verzichtet, kann viel Geld sparen. Andererseits: Wofür kaufen Sie einen High-End-PC, wenn nicht für das ultimative Erlebnis?

Grafikkarte

Abhängig von Ihrem Budget und Anspruch haben Sie die Qual der Wahl: Geforce RTX 2080 Ti oder Geforce RTX 2080? Bei Redaktionsschluss zeigten sich allmählich die ersten Partnerdesigns mit starker Kühlung und werkseitiger Übertaktung.

Wer sich für einen High-End-PC interessiert, der benötigt auch High-End-Grafikleistung. Passend zu diesem Sonderheft und unseren nach vorn gerichteten Empfehlungen hat Nvidia seine neue GPU-Generation vorgestellt. Die aus Sicht von Enthusiasten spannendsten Modelle sind zweifellos die Geforce RTX 2080 und RTX 2080 Ti. Die runderneuerte Turing-Architektur erhöht die Schlagkraft pro Rechenwerk und führt außerdem GDDR6-Speicher mit effektiv 7 GHz (14 Gigatransfers pro Sekunde) ein. Wie Sie der Grafik-Kaufberatung ab Seite 14 entnehmen, ist Stand Ende September noch vieles im Fluss. Sicher ist, dass die genannten Grafikkarten sehr schnell rechnen und zahlreiche Features mitbringen. Die Software-Seite in Form von verfügbaren Raytracing-Spielen lässt jedoch auf sich warten – spätestens zum Weihnachtsgeschäft dürften einige Titel mit RT-Support respektive Patches erschienen sein. Bis dahin hat sich auch geklärt, welche Hersteller die besten Kühlsysteme und höchsten Taktraten bei ihren Custom-Designs anbieten. Grundsätzlich und diese Faktoren ausgeblendet ist die Sache eine reine Budgetfrage: Wer 800 Euro lockermachen kann, greift zu einer RTX 2080. Die RTX 2080 Ti wird im Laufe des Oktobers voraussichtlich ab 1.100 Euro zu haben sein, vorher ist sie aufgrund der hohen Nachfrage gute Hundert Euro teurer.

Bild: Asus

Prozessor: AMD oder Intel

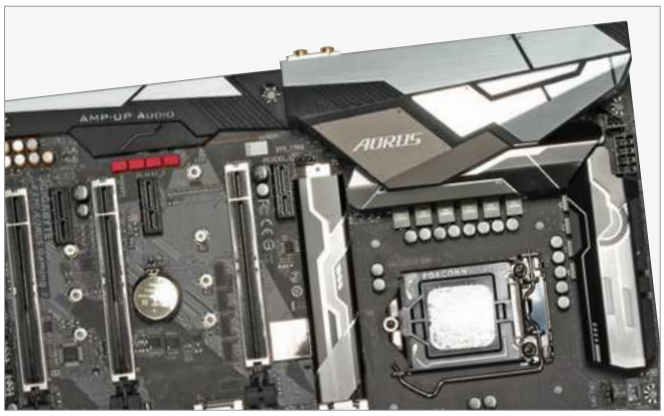
Noch nie bekam man so viel Rechenkraft für sein Geld. Ob Sie AMD oder Intel den Vorzug geben sollten, hängt von den Nutzungsgewohnheiten ab.

Wir haben es bereits erwähnt: So gut moderne PC-Spiele auch aussehen und so realistisch sie auch wirken, keines davon macht sich alle verfügbaren Ressourcen eines High-End-Rechners zunutze. Das betrifft in erster Linie den Prozessor, dessen zahlreiche Kerne nur unzureichend mit Arbeit versorgt werden. So kommt es, dass nicht etwa ein 32-Kerner die Rangliste „Beste Spieleleistung" anführt, sondern ein Sechskerner: der limitierte Core i7-8086K aus dem Hause Intel. Diese Hommage an den 40 Jahre alten 8086-Chip entspricht einer etwas höher getakteten Version des i7-8700K (ca. 350 Euro). Letzterer stellt die beste Wahl aus Sicht eines preisbewussten PC-Spielers dar, da er eine hohe Pro-MHz-Leistung mit Frequenzen über 4 GHz sowie besagte sechs Kerne (12 Threads) vereint und somit in der Oberklasse die besten Resultate pro Euro erzielt.

AMDs derzeitiges Topmodell für den Sockel AM4, der Ryzen 7 2700X, schlägt in eine andere Kerbe. Dieser bereits ab 300 Euro erhältliche Prozessor bietet acht Kerne und die Fähigkeit, bis zu 16 parallel anfallende Threads abzuarbeiten. Sie ahnen es: In Spielen hilft ihm das relativ wenig. So kommt es, dass AMDs Preisbrecher im Spiele-Mittel relativ deutlich hinter dem Core i7-8700K landet, da Letzterer eine höhere Pro-MHz-Leistung aufbietet und zudem etwas höher boostet. In Anwendungen rund um Cinema 4D, Adobe Premiere, Handbrake und Konsorten schlägt der Ryzen 7 2700X jedoch sowohl den Core i7-8700K als auch den 8086K und kann es teilweise mit dem rund 480 Euro teuren 7820X aufnehmen. Letzterer bietet ebenfalls acht Rechenkerne (16 Threads), fußt jedoch auf dem relativ teuren und energiehungrigen Sockel 2066. In fünf Jahren werden Achtkerner voraussichtlich auch in Spielen die Führung übernehmen, bis dahin stellt ein hochtaktender Hexacore Marke i7-8700K jedoch die beste Wahl dar.

Mainboard: AMD oder Intel

Die Wahl des richtigen Mainboards hängt primär vom gewünschten Prozessor ab. Wir haben jeweils eine leistungsstarke Empfehlung gemäß PCGH-Wertungssystem für Sie (Sockel 1151 für Intel Core i7, Sockel AM4 für AMD Ryzen 7).



Gigabyte X470 Aorus Gaming 7 Wifi: Der beste Spagat aus Luxus und Sinn. WLAN, Diagnose-, Überwachungs- und Steuerungsfunktionen sowie die Spannungswandlerkühlung präsentieren sich bei diesem Mainboard auf höchstem Niveau. Dazu gibt es ein durchdachtes Layout, aber kaum Luxusausstattung – auf Extras wurde mit Ausnahme eines sekundären M.2 verzichtet. Die Kühlfläche für die Spannungswandler sucht jedoch ihresgleichen und lädt zum Übertakten ein. Der Preis von ca. 240 Euro ist für diesen halbseitigen High-End-Ansatz noch angemessen und beinhaltet die für Gigabyte-Topmodelle typische, großflächige und ansehnliche Beleuchtung.

Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7(-OP): Gehobene Ausstattung – gegen kleinen Aufpreis sogar mit installierter Optane-SSD. Für rund 240 Euro rangiert das Gaming 7 über der „ausreichend"-Klasse, sprich: Wer in einem luxuriös ausgestatten Computer von möglichst jedem Anschluss-Typ noch einen als Reserve frei haben möchte, ist hier an der richtigen Adresse. Außerdem punktet das Board, wie das AMD-Pendant, mit einer sehr guten Spannungswandlerkühlung, welche optional mit einem Lüfter verstärkt werden kann. Ebenfalls loben müssen wir die alltagstauglichen Default-UEFI-Einstellungen – viele andere Platinen übertreten die Intel-Spezifikation deutlich stärker.

SSD

Spiele sind riesig, die SSD sollte der Datenflut gewachsen sein. Wir greifen zu einem Modell mit rasanter NVMe-Schnittstelle.

Ein High-End-PC sollte auch über eine hohe Datenträgerleistung verfügen – wir peilen dabei ein gesundes Preis-Leistungs-Verhältnis an. Folgerichtig empfehlen wir den Einsatz einer PCI-Express-SSD, allerdings nicht die absolute Leistungsspitze. Erneut ist es der Hersteller Samsung, welcher Bestnoten gemäß PCGH-Wertungsmethodik erzielt. Wie bei der 860er-Serie (SATA) hat der Hersteller auch die neuen 970er-Modelle (NVMe/M.2) mit aktueller Technik bestückt. Der Leistungszuwachs gegenüber der 860er-Serie kommt primär durch Einsatz des neuen Phoenix-Controllers, Schreib- und Leseraten sind überdurchschnittlich hoch. Wer keine Kompromisse eingehen möchte, greift zur noch schnelleren (und teureren) 970 Pro.

Rasant, fünf Jahre Garantie und relativ preiswert: Samsung SSD 970 Evo 1 TByte (ca. 280 Euro)

Arbeitsspeicher

Auch die High-End-Konfigurationen mit AMD- und Intel-CPUs sind mit Dual-Channel-Speicherkits zufrieden.

Die schnellsten Optionen für die Sockel 1151 und AM4 arbeiten optimal mit moderat getaktetem DDR4-Speicher zusammen, für die High-End-Konfiguration setzen wir jedoch auf einen etwas höheren Takt. DDR4-3200 (ca. 160 Euro) erhalten Sie mit einem entsprechenden Speicherteiler im UEFI des Mainboards. Falls Sie doch auf den Sockel 2066 setzen möchten (etwa für einen Core i7-7820X), benötigen Sie ein Quad-Kit, um den vollen Speicherdurchsatz zu erhalten – am besten 32 GiByte.

G.Skill Trident Z DDR4-3200, CL16-18-18-38 (F4-3200C16D-16GTZKW): Suchen Sie sich Ihre Wunschfarbe aus – schwarz/weiß passt zu den gezeigten Boards.

Prozessorkühler

Der Dark Rock Pro 3 war gut, der Dark Rock Pro 4 (ca. 75 Euro) ist besser – und passt auf alle gängigen Prozessorsockel.

Für den Nachfolger des Dark Rock Pro 3 nutzt der Hersteller eine zweigeteilte Halterung mit auf der Mainboard-Vorderseite fixierten Längsträgern und einem Querbalken am Kühler. Die Montage fällt damit trotz vieler Einzelteile etwas einfacher aus als beim Vorgänger und endlich lässt sich ein Dark Rock Pro auch auf allen Sockeln (inkl. AM4 und 1151) problemlos montieren. Obwohl der Dark Rock Pro 4 mit maximal 1,4 Sone etwas ruhiger abgestimmt ist als sein Vorgänger, messen wir eine deutlich bessere Kühlleistung über alle Drehzahlbereiche hinweg. Insgesamt erringt Be quiet eine Top-Platzierung – obwohl der Dark Rock Pro 4 in jede Richtung 1–2 cm kleiner und insgesamt 100–200 g leichter ist als andere Doppeltürme seiner Klasse. Das ist aller Ehren wert.

Netzteil

Seasonic Focus+ Gold PCGH-Edition: Gold-Leistung zum fairen Preis – mit 550 Watt als verbesserte PCGH-Version.

Gegenüber dem bereits gelungenen Seasonic Focus+ wurde die PCGH-Edition gezielt optimiert. So bietet das Netzteil gesleevte (ummantelte) Kabel, mehr und längere Kabelstränge und stellt insgesamt vier PCI-Express-Anschlüsse sowie weitere SATA- und PATA-Stecker zur Verfügung. Auf Wunsch lässt sich außerdem der Fanless Mode aktivieren: Dabei steht der Lüfter bis 35 Prozent Last komplett still, sodass der Stromwandler keine Geräusche von sich gibt. Bei der PCGH-Edition wurde die Lüfterkurve weiterhin leicht optimiert; so erzeugt das Netzteil selbst bei 80 Prozent Last nur 0,1 Sone und ist damit beinahe unhörbar.

Gehäuse

Be quiet hat sein Dark Base 900 weiter verfeinert – die Revision 2 lässt keine Wünsche offen.

Die wichtigste Neuerung der Revision 2 ist die Netzteilabdeckung, welche den Innenraum in zwei Kammern aufteilt. Im vorderen Bereich der Netzteilkammer befindet sich ein Käfig für zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerke, oberhalb der Abdeckung lassen sich fünf weitere Halterungen für je eine 3,5-Zoll-HDD oder zwei 2,5-Zoll-SSDs anbringen; für optische Laufwerke stehen zwei 5,25-Zoll-Slots bereit.

Wer den Innenraum freihalten möchte, findet auf der Rückseite des Mainboard-Trays sowie unter der mittleren Abdeckung der Netzteilkammer eine Halterung für je ein 2,5-Zoll-Laufwerk. Zu den weiteren Neuerungen der zweiten Revision gehören Abdeckungen für ungenutzte Laufwerkseinschübe in der Hauptkammer. Auch Fans einer modularen Wasserkühlung kommen auf ihre Kosten: An Front, Heck und Deckel des großen Dark Base 900 lassen sich fast beliebige Modelle anbringen. Dazu kommen Halterungen für die Pumpe und den Ausgleichsbehälter. Eine flexible Lüftersteuerung, ein Qi-Ladegerät, ein Mainboard-Tray, eine Lufthutze für das Seitenteil, Staubschutz an der Front, Dämmung für die Tür und das Seitenteil sowie zwei RGB-LED-Leisten gehören allesamt zur sehr guten Ausstattung.

Die installierten Silent Wings 3 PWM stellen eine gute Komponentenkühlung sicher. Mit 62 °C wird der Core i7-6700K gerade einmal 2 °C wärmer als im offenen Aufbau, die Grafikkarte nur 3 °C wärmer (70 °C). Der 82-Liter-Innenraum heizt sich kaum auf, die Temperatur beträgt rund 38 °C. Auch die Lüfterlautheit fällt mit 1,0 Sone (50 cm Abstand frontal) respektive 0,9 Sone (schräg vorne) niedrig aus.

Der Render-PC

Sie suchen einen Rechner, der Ihnen blitzschnelle Ergebnisse bei der Digital Content Creation bringt? Dann benötigen Sie möglichst viele Rechenwerke und reichlich Arbeitsspeicher.

Noch vor etwa 15 Jahren ergaben sich alle Leistungssteigerungen bei PC-Prozessoren durch erhöhten Takt und die Fähigkeit, immer mehr Instruktionen pro Zyklus abzuarbeiten. Bis zu einem bestimmten Punkt: Die 4-GHz-Hürde stellte sich als eine Grenze heraus, die nur mit viel Aufwand und Energie zu überwinden war. Die Entwicklung fokussierte anschließend nicht mehr die Höhe (Takt), sondern die Breite – zusätzliche Ausführungseinheiten und Kerne kamen ins Spiel.

More cores, more speed?

Mit zusätzlichen Kernen begann die Ära des Multi-Threadings. Programme, die ursprünglichen auf sequenzielle Abarbeitung getrimmt waren, mussten aufgebrochen und in „mundgerechte Happen" für die einzelnen Prozessorkerne aufbereitet werden. Das betraf alle möglichen Applikationen, vor allem aber Spiele. Die ersten Multicore-Games versuchten beispielsweise, den Render-Thread (Grafik) vom Sound und der Physik abzukoppeln, um so etwas Arbeit für weitere Kerne bereitzuhalten. Das klappte eher schlecht als recht, doch mit den Jahren kam die Sache ins Rollen. Nun, Ende 2018, können Spiele aufgrund immer besseren Multi-Threadings eingeschränkt von mehr als sechs Kernen profitieren.

Ganz anders die Anwendungen. Damit sind gemeinhin Programme gemeint, die nicht der bloßen Bespaßung dienen. Applikationen wie Winzip, Winrar und 7-Zip gehörten zu den ersten, die von multiplen Prozessorkernen profitierten, da sich deren Arbeit wunderbar parallelisieren lässt. Das gilt heutzutage umso mehr – wer seinen Manycore-Rechner optimal auslasten möchte, findet beim (Ent-) Packen von Archiven einen idealen Einsatzzweck. Doch wer macht das schon 24 Stunden am Tag?

Manycore-Prozessoren jenseits der im Mainstream angelangten Kernmengen von 6 und 8 sind vor allem bei der Digital Content Creation gefragt. Egal ob Videoschnitt und -rendering oder Computer-aided Design (CAD), entsprechende Software ist darauf ausgelegt, jede zusätzliche Recheneinheit bei Prozessor und Grafikkarte in Leistung umzusetzen. In der Praxis gilt „Zeit ist Geld" und jede gesparte Minute erhöht den Produktionsdurchsatz.

Trotz aller Euphorie um Vielkern-Chips und Optimierung der Software haben PCGH-Tests ergeben, dass selbst hier viel Land noch nicht erschlossen ist. Erschwingliche 32-Kern-Monster wie AMDs neuer Threadripper 2990WX werden weder von Adobe Premiere noch von Photoshop ausgelastet. Die Skalierung ist jenseits von 10 Kernen beinahe erschöpft, die Renderzeit nimmt kaum noch ab. Daraus ergeben sich unsere Vernunft-Empfehlungen hin zu 16- respektive 14-Core-CPUs.

Grafikkarte

Einige Programme können den Grafikprozessor zur Beschleunigung von Effekten heranziehen. Dabei werden die stärksten GPUs jedoch oft nicht voll ausgelastet – das eröffnet einer möglichen Sparmaßnahme Tür und Tor. Wir raten zur GPU-Oberklasse.

Powercolor Radeon RX Vega 56 Red Dragon: Ein gutes Jahr nach ihrem Marktdebüt ist die Radeon RX Vega 56 endlich wieder zu ihrer unverbindlichen Preisempfehlung von rund 400 Euro erhältlich. Mehr noch, nun erhalten Sie für diesen Preis ein gutes Custom-Design – wie die Red Dragon von Powercolor. Dabei handelt es sich zwar nur um ein Dual-Slot-Design (im Gegensatz zu den Triple-Slot-Kolossen der High-End-Varianten), für die moderate Abwärme einer Vega 56 genügt die dreifach axial belüftete Kühlfläche jedoch. Vega ist vor allem dann sehr stark, wenn reine Compute-Power über die Open-CL-Schnittstelle gefragt ist. Dazu zählt auch Bildwandlung mittels Capture One oder Rendering in Blender. Asus ROG Strix Geforce GTX 1070 Ti Strix: Eine schlagkräftige, etwas energieeffizientere Alternative zur RX Vega 56 ist eine Geforce GTX 1070 Ti. Nvidia untersagt es seinen Partnern bei diesem Modell nach wie vor, eine werkseitige Übertaktung anzuwenden, in Tuning-Tools der Hersteller ist das jedoch erlaubt – Asus bietet diese Option im hauseigenen GPU Tweak II an, sofern Sie die Advanced-Version der Karte kaufen (A8G; ab ca. 480 Euro). Die große Stärke der Strix ist weiterhin das leise Kühlsystem, mehr als 0,8 Sone erzeugt die Karte im PCGH-Test zu keiner Zeit.

Prozessor: AMD oder Intel

Videoschnittprogramme skalieren mit mehr als acht Prozessorkernen, allerdings sind Modelle mit mehr als 16 Kernen herausgeschmissenes Geld.

Spätestens mit den vergangenes Jahr erschienenen Threadripper-Platinen war das Wort „Megatasking" in aller Munde. Spielen, Videos rendern, Streamen und mit dem dritten und vierten Arm noch Skype und Youtube bedienen, das sollten die neuen Manycore-Chips ohne Probleme ermöglichen. Sie bemerken das Dilemma: Der Rechner kann heutzutage wesentlich besser multitasken als jeder Nutzer. Dennoch kann man Modellen mit mehr als acht Kernen den Nutzwert nicht absprechen. Der liegt aber nicht bei fiktiven Megatasking-Szenarien, sondern beim Einsatz in der Content Creation.

PCGH-Tests haben ergeben, dass unter anderem Adobe Premiere von vielen Cores und Threads profitiert, die Skalierung jedoch ab dem zweistelligen Kernbereich stark abnimmt. Wir raten Kreativschaffenden daher von einem 32-Kern-Monster wie dem AMD Threadripper 2990WX ab und stattdessen zu einem verhältnismäßig günstigen 2950X (ca. 870 Euro). Letzterer bietet 16 Kerne sowie 32 Threads auf und ist damit jedem erdenklichen Workload gewachsen. Falls Sie tatsächlich mehr als 16 Kerne benötigen, etwa für mehrere Render-Instanzen gleichzeitig oder den Einsatz virtueller Maschinen, dann ist der 2990WX für das von AMD verlangte Geld (ca. 1.780 Euro) ein guter Deal. In Spielen bringt der 64-Threader jedoch weniger Fps auf die Straße als der 32-Threader, da selbst modernste Spiele bei so vielen Kernen durcheinanderkommen.

Bei Intel ist jeder Kern etwas teurer als bei AMD, leistet dafür aber etwas mehr. Für rund 1.100 Euro erhalten Sie hier den Core i9-7940X mit 14 Kernen (28 Threads), welcher eine zum TR 2950X vergleichbare Anwendungsleistung erzielt. Wer auch spielt, wird sich freuen, dass der Chip hier etwas flotter unterwegs ist als die Threadripper.

Mainboard: AMD oder Intel

Threadripper oder Core i9: Mit dieser Entscheidung legen Sie sich auch für eine der beiden High-End-Plattformen (Sockel TR4, Sockel 2066) fest.

MSI X399 MEG Creation: Das Beste, was der Markt derzeit an X399-Platinen bietet. Mit einer 19-Phasen-Spannungsversorgung ist es selbst für übertaktete 32-Kern-Threadripper gut gerüstet und bietet neben drei M.2-Slots mit voller PCI-E-×4-Anbindung noch 10 USB-3.1-Anschlüsse an der Rückseite (einer davon als Typ-C). Bei der Ausstattung müssen Sie folglich keine Kompromisse eingehen, selbst ein WLAN-ac-Modul, großflächige RGB-Beleuchtung und zehn 4-Pin Lüfteranschlüsse mit einer sehr genauen und weitreichenden Steuerung für 3- und 4-Pin-Lüfter sind hier implimentiert. Wer das nötige Kleingeld (ca. 450 Euro) übrig hat, findet hier also das ideale TR4-Mainboard, das keine Wünsche offen lässt. Lediglich auf genügend Platz im Gehäuse sollten Sie achten, da das Board in Überbreite daher kommt.

Asus ROG Strix X299-E: Potentes, ab Werk vernünftig konfiguriertes High-End-Motherboard. Asus hebt sich vor allem mit der besten Spannungswandlerkühlung von der Konkurrenz ab – die dem CPU-Kühler zugewandte Seite weist wirkungsvolle Oberflächenvergrößerungen auf und nutzt den Luftstrom effektiv. Außerdem bietet das Board WLAN. Den Testsieg im PCGH-Vergleich bringt letztlich aber die sinnvolle Drosselung der CPU-Leistungsaufnahme auf 140 Watt – andere Platinen lassen der Leistungsaufnahme hingegen freien Lauf. Während die Benchmarkperformance dadurch nahezu unverändert ausfällt, sinken Stromverbrauch und Spannungswandlertemperaturen deutlich. Wermutstropfen: Trotz reichhaltiger PCI-E-Ausstattung des Sockel 2066 muss sich der mechanische PCI-E-×1 mit dem Front-USB-3.1-Header um eine Lane streiten und der elektrische ×4-Slot klaut seine Ressourcen bei vier SATA-Anschlüssen. Umgekehrt werden von Skylake-X-44- und -28-Lane-CPUs nur 40 respektive 24 Datenleitungen genutzt.

SSD + HDD

PCI-E-SSD für schnellen Datenzugriff und eine SATA-HDD als „Datengrab" – zusammen relativ günstig zu haben.

Egal ob Bilder oder Videos, RAW-Dateien sind berühmt-berüchtigt dafür, viel Kapazität auf dem Datenträger zu belegen. Wenn Sie diesem Hunger mit SSD-Speicher begegnen möchten, brauchen Sie entweder viel Geld oder Sie beherzigen unseren Rat, der einen Kompromiss für Normalsterbliche darstellt. Der primäre Datenträger für das Betriebssystem sowie Daten für die jeweils aktuellen Projekte nutzt den NVMe-/M.2-Standard für möglichst schnelle Datentransfers. Fertige Projekte – das Archiv – landen auf einer klassischen Mangnetfestplatte riesigen Ausmaßes. Unser Beispiel, eine Seagate Skyhawk für rund 170 Euro, bietet 6 Terabyte Speicherplatz.

Beispiel: Samsung SSD 970 Evo 500 GB + Seagate Skyhawk-HDD 6.000 GB

Netzteil

Seasonic Prime Ultra Gold 750 Watt: Güldene Leistung mit Sicherheitspolster zum Übertakten.

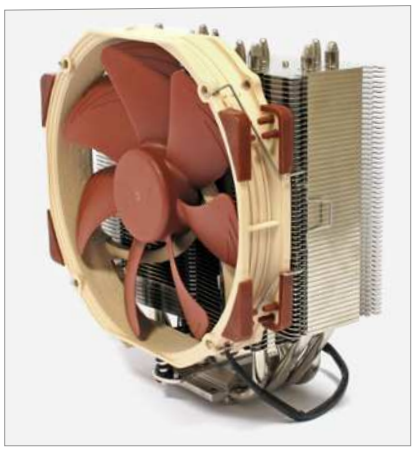
Neben einem hervorragenden Wirkungsgrad, welcher im Laufe der von Seasonic zugesprochenen 12-Jahres-Garantie bares Geld spart, verfügt das Single-Rail-Netzteil über eine exzellente Spannungsregulation. Dank der Mikro-Toleranz-Regelung beträgt der Spannungsabfall weniger als fünf Prozent; gekoppelt mit einer marginalen Spannungsabweichung von der Ideallinie liegt hier eine gute Spannungsregulation vor – ideal für Crossload-Szenarien, wie sie durchaus während des Spielbetriebes entstehen können. Mit dem Hybrid-Modus kann der überarbeitete 120-mm-Lüfter bis zu einer Last von circa 40 Prozent – sprich bis zu 300 Watt – lautlos betrieben werden. Damit sollte Ihr Rechner im Multimedia- oder Idle-Betrieb nicht zu hören sein.

Prime Ultra Gold: Nachfolger der bewährten Prime-Reihe

Prozessorkühler

High-End-Prozessoren erzeugen unter Last reichlich Abwärme. Ihr begegnen Sie am besten mit einem voluminösen Kühler.

Die High-End-Sockel zum Einsatz von Manycore-Prozessoren werden von den Kühlerherstellern etwas stiefmütterlich behandelt – nicht etwa, weil es hier nichts zu tun gäbe, sondern aufgrund der überschaubaren Zielgruppe. Wer keine All-in-one-Wasserkühlung verwenden möchte, kann sich dennoch zwischen einigen Luftkühlern entscheiden.



Noctua NH-U14S: Starker Kühler, der sowohl für Sockel TR4 als auch Sockel 2066 erhältlich ist.

Für unsere Beispielkonfiguration raten wir aus zwei Gründen zu einem Noctua NH-U14S. Erstens liefert das Single-Tower-Flaggschiff des Herstellers eine hohe Kühlleistung. Zweitens ist der Kühler in zwei Varianten erhältlich, einmal mit „TR4-SP3"-Anhängsel für den AMD-Sockel und einmal ohne Zusätze für den Intel-Sockel 2066.

Arbeitsspeicher

Im Produktiveinsatz ist nicht nur Festspeicher essenziell, sondern auch Arbeitsspeicher. Wir empfehlen 32 GiByte.

Wer seinen PC für Grafikdesign oder Videobearbeitung mit großen Dateien verwendet, benötigt eine große Zwischenablage – den RAM. Mit 32 GiByte lässt sich erfahrungsgemäß gut arbeiten, weniger sollten Sie nicht installieren. Daraus ergibt sich ein relativ stattlicher Preis von derzeit mindestens 250 Euro für 4 × 8 GiByte DDR4. Ein Quad-Kit eignet sich sowohl für den Sockel TR4 als auch Sockel 2066 optimal. Die Taktrate ist sekundär, mit DDR4-2133 sparen Sie aber nur wenig Geld.

G.Skill Sniper X Urban Camouflage (F4-2400C17Q-32GSXW): 32 GiByte DDR4-2400, CL17-17-17-39 mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis (ab ca. 270 Euro).

Gehäuse

Leise Kühlung und hoher Nutzerkomfort: Be quiets neuestes Gehäuse, das Silent Base 601, überzeugt im Test.

Für den rundum erneuerten Nachfolger des Silent Base 600 verspricht Be quiet eine leise Kühlung mit hoher Benutzerfreundlichkeit. Der Midi-Tower ist mit Glasfenster ab 130 Euro zu haben – eine Summe, für die man etwas Ausstattung erwarten kann. Dazu zählen neben hochwertigem Dämmmaterial mit 10 mm Dicke eine Netzteilabdeckung sowie ein laufwerksfreier Innenraum – 5,25-Zoll-Schächte sind passé. Dafür findet man unter anderem eine demontierbare Kombihalterung für zwei 3,5/2,5-Zoll-Laufwerke im vorderen Teil der mit zwei entfernbaren Blenden versehenen Netzteilkammer. Auch Anbringungsmöglichkeiten für Lüfter respektive Radiatoren fallen umfangreich aus. An die Front und den seitlich herausziehbaren Montagerahmen im Deckel lassen sich entweder drei 140/120-mm-Lüfter oder ein Wärmetauscher mit 120/140 mm, 2 × 120/140 mm oder 3 × 120 mm Größe anbringen. Am Heck, an dem wie an der Front ein Pure-Wings-2-Lüfter (140 mm, 1.000 U/Min) vorinstalliert ist, lässt sich ebenfalls ein 140-/120-mm-Radiator montieren. Nach dem Entfernen der beiden Abdeckungen am vorderen Teil der Netzteilkammer ist Platz für einen weiteren 140/120-mm-Propeller.

Die Messwerte bestätigen, dass Be quiet den Mund nicht zu voll genommen hat. Mit 64 °C wird unser Testprozessor nur 4 °C wärmer als im offenen Aufbau. Die Grafikkarte wird mit 70 °C auch nur 3 °C wärmer, als wenn sie beispielsweise auf einem Benchtable zum Einsatz käme. Der rund 66 Liter große Innenraum heizt sich mit einer Temperatur von 37 °C nur leicht auf. Bei alldem messen wir eine maximale Lautheit von jeweils 1,1 Sone (frontal/schräg vorne) – ein gutes Ergebnis.

Der Mini-Gaming-PC

Spielen im Wohnzimmer? Aber bitte am PC! Damit die Idee nicht an einem klobigen Gehäuse scheitert, erfreuen sich Mini-PCs anhaltender Beliebtheit.

Konsolen sind die Macht im Wohnzimmer, die meisten Zocker spielen von der Couch aus an den kleinen Wunderkisten von Sony und Microsoft. Wer höhere Ansprüche an die Spieleauswahl, Auflösung oder Bildrate hat, baut sich selbst die bessere Konsole – einen Mini-PC.

Die Einbaumöglichkeiten für Hardware sind bei Mini-Cases gegenüber ausgewachsenen Gehäusen zwar begrenzt, mit thermisch effizient platzierten Lüftern und/oder einem Mehrkammersystem lässt sich trotz eines geringen Innenraumvolumens eine ordentliche Kühlung erzielen. Generell gilt jedoch: Bedingt durch den verkleinerten Innenraum wird die Hardware in den Gehäuse-Minis wärmer als in ausgewachsenen PC-Behausungen. Wir stellen eine attraktive Beispielkonfiguration vor, die weder zu heiß noch zu laut wird.

Mini-Auswahl? Von wegen!

Bestimmt haben Sie bereits eine Vorstellung, wie Ihr Mini-Rechner aussehen soll. Mini ist aber nicht Mini, Sie müssen Entscheidungen treffen: Soll er klein oder sehr klein sein? Zwei Standards buhlen um Ihre Gunst, nämlich Micro-ATX (klein) und Mini-ITX (sehr klein). Davon abhängig ist auch die Wahl des Gehäuses, das sich nicht nachträglich schrumpfen lässt. PC-typisch sind die Standards abwärtskompatibel, sprich, Sie können ITX-Komponenten in ATX-Gehäuse einbauen – aber natürlich nicht anders herum. Mini-ITX erlaubt die kleinsten PCs, welche je nach Gehäuse sogar Konsolencharme versprühen können. Das stark limitierte Platzangebot verhindert jedoch den Einbau von High-End-Hardware, beispielsweise sind besonders beengte ITX-Gehäuse nicht darauf ausgelegt, lange Grafikkarten zu fassen; außerdem benötigen die Kleinsten der Kleinsten sogenannte Small-Form-Factor-Netzteile. Micro-ATX schränkt Sie hingegen bei der Wahl der Hardware kaum ein.

Damit ein Mini-Rechner nicht nur Videos, sondern auch moderne PC-Spiele wiedergeben kann, ist vor allem Grafikleistung notwendig. Die Hersteller haben diese Nische erkannt und bieten entsprechende Produkte an, allerdings ist das Angebot wesentlich übersichtlicher als bei ausgewachsenen Grafikkarten. Wer eine echte ITX-Karte sucht – charakteristisch dafür ist die Länge von rund 17 cm – findet in jeder Leistungsklasse bis hinauf zur GTX 1080 ein paar Modelle. Wer die Leistungsklasse einer GTX 1080 Ti oder RTX 2080 (Ti) anstrebt, muss ein Gehäuse wählen, das längere Karten fassen kann. Die kompakteste High-End-Option, die Zotac GTX 1080 Ti Mini, bringt es auf rund 21 cm – angesichts der Abwärme von 250 Watt ist eine gute Gehäusebelüftung sehr wichtig. Das gilt auch für ITX-PCs mit GPUs im 150-Watt-Bereich. Faustregel: Je heißer, desto lauter und langsamer.

Grafikkarte

Abhängig davon, wie geräumig Ihr Gehäuse ausfällt, haben Sie bei der Grafikkarte verschiedene Möglichkeiten. Wir liefern Ihnen zwei Inspirationen: Fullsize (lange Grafikkarte) passend zur Gehäuse-Empfehlung und Mini-ITX (kurze Grafikkarte).

Falls Ihr Mini-Rechner strikt dem Mini-ITX-Standard folgen soll, darf die Grafikkarte nicht länger als 17 Zentimeter sein. Da sich starke Hardware nicht beliebig schrumpfen lässt, endet das Leistungsspektrum hier bei der Geforce GTX 1080. Preislich attraktiver sind die Modelle Geforce GTX 1070 und Radeon RX Vega 56, von denen Gigabyte (GTX 1070 Mini ITX; rechts im Bild) und Powercolor (RX Vega 56 Nano Edition; Mitte) entsprechende Varianten führen. Ihre Spieleleistung ist vergleichbar mit Vorteilen für die Radeon; sie erreichen 60–65 Prozent der Titan-Xp-Leistung. Welchem Modell Sie den Vorzug geben sollten, hängt unter anderem von Ihrem Bildschirm ab: Freesync-Nutzer greifen zur Radeon, G-Sync-Nutzer zur Geforce.

Folgt Ihr PC der Mini-Idee nur teilweise – wie bei unserem Bauvorschlag –, bietet das Gehäuse Platz für normalgroße Grafikkarten. Auch hier haben wir eine Empfehlung für Sie, die Sapphire Radeon RX 580 Nitro+. Die Karte verfügt über eine moderate werkseitige Übertaktung (bis zu 1.411 statt 1.340 MHz), 8 GiByte Speicher und einen guten, weitgehend leisen Kühler. Damit erreicht sie circa 45 Prozent der Titan-Xp-Leistung und ist optimal für Full-HD-Gaming geeignet; auch WQHD ist mit leichten Detailanstrichen möglich. Das Preis-Leistungs-Verhältnis einer solchen Grafikkarte gehört zum Besten, das Sie aktuell kriegen können.

Prozessor: AMD oder Intel

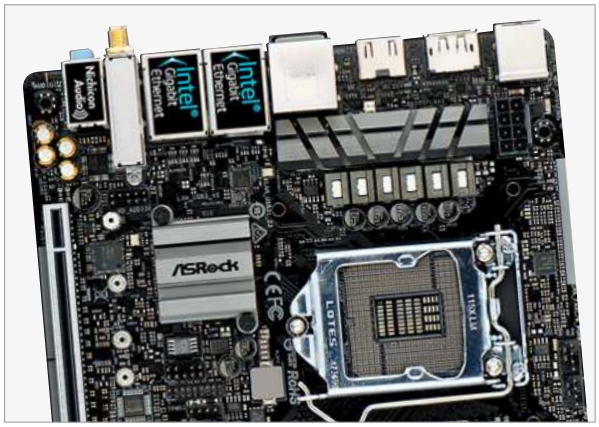
Soll Ihr Mini-Rechner auch moderne Spiele befeuern, sind Sie mit einem Sechskernprozessor gut beraten. Wir greifen zu sparsamen Modellen.

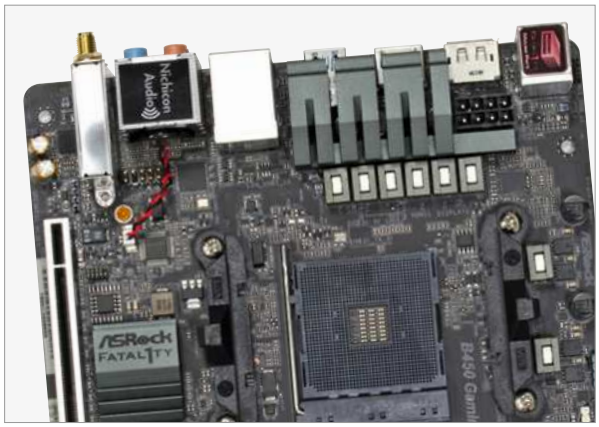
Auch bei diesem Rechner legen wir uns nicht auf einen Prozessorhersteller fest, sondern lassen Sie zwischen zwei Empfehlungen wählen. Aufseiten AMDs greifen wir erneut auf den Ryzen 5 2600 zurück, da dieser 160-Euro-Prozessor ein sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis bietet. Was Sie damit auch vorhaben, dank SMT (12 Threads) fällt die Leistung des Ryzen 5 hoch aus. Ein weiterer Vorteil des Chips ist, dass er im Gegensatz zu seinem großen Bruder mit X-Anhängsel sehr sparsam zu Werke geht – der automatisch gesetzte Boost nebst Spannung ist geringer. Benötigen Sie eine noch höhere Leistung, lässt sich der Prozessor bequem über den Multiplikator übertakten, jeder Ryzen ist „unlocked". Mit 4 GHz können Sie, einen guten Kühler vorausgesetzt, auf allen Kernen rechnen, darüber hinaus trennt sich die Spreu vom Weizen und etwas Glück schadet nicht.

Bisher in keiner Konfiguration enthalten war der Intel Core i5-8400. Dieser 175-Euro-Prozessor für den Sockel 1151-v2 stellt vor allem dann eine gute Wahl dar, wenn Sie nur spielen möchten. Verantwortlich dafür ist die Konfiguration dieses Prozessors: Er verfügt über sechs Kerne ohne Simultaneous Multithreading (= 6 Threads), eine hohe Pro-Takt-Leistung und einen moderaten Turbo. Der Verzicht auf SMT verhilft einigen Spielen, vor allem älteren, zu einem Leistungsplus, da viele Engines nicht korrekt zwischen „echten" und logischen (von SMT bereitgestellten) Kernen unterscheiden können. Dieses Wissen können Sie auch bei Prozessoren mit SMT anwenden – schalten Sie das Feature einfach testweise im UEFI Ihres Mainboards ab und beobachten Sie die Bildraten. Das prominenteste Beispiel für höhere Bildraten ohne SMT ist das populäre Stadt-Aufbauspiel Cities Skylines. Beachten Sie weiterhin, dass Sie zum Betrieb eines Core i5-8400 zwingend eine Hauptplatine mit 300er-Hub (Z370, H370 etc.) benötigen, ältere Boards sind nicht kompatibel.

Mainboard: AMD oder Intel

Auch hier sollten Sie beachten, dass im gewählten Gehäuse genug Platz für das Mainboard ist. Wir haben zwei Mini-ITX-Empfehlungen für Sie.





Das Asrock H370M-ITX/ac liefert für 110 Euro eine gute Balance aus Features und Preis im Mini-ITX-Format. Es bietet neben vier USB-3.1 Anschlüssen auch einen M.2-Slot sowie ein integriertes WLAN-ac-Modul und eine ausreichende Spannungsversorgung. Außerdem gibt es hier, anders als bei den meisten ITX-Boards, sechs SATA-Anschlüsse – der installierte ALC-892-Soundchip ist jedoch nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Anschlussseitig bietet das Board neben den genannten USB-3.1-Anschlüssen vier weitere USB-Ports, zwei davon mit 3.0-Geschwindigkeit und zwei Intel-Gigabit-LAN-Ports. Wegen dieser Features stellt das Mainboard trotz des etwas beschnittenen H370-Chipsatzes ein gutes Gesamtpaket dar.

Asrock Fatal1ty B450 Gaming-ITX: Auch aufseiten AMDs kommt unsere Mini-ITX-Empfehlung aus dem Hause Asrock. Der Hersteller spart gegenüber ausgewachsenen (ATX-)Platinen überall nur ein bisschen und vermeidet dabei große Schwachstellen. So verzichtet der Hersteller auf einen M.2-Slot, lässt die Spannungswandler deutlich höhere – aber selbst mit einem Achtkern-Ryzen nicht kritische – Temperaturen erreichen und überlässt die Audio-Ausgabe einem Realtek ALC 1220 in Reinform, Zusatzbauteile für besseren Analogklang fehlen. Der Soundchip greift dafür auf ein vollständiges Anschlussfeld zurück, sodass einerseits selbst 7.1-Surround-Systeme versorgt werden können und andererseits Anwendern mit hohen Ansprüchen ein digitaler Ausgang ohne Qualitätsabstriche zur Verfügung steht. Übertakter kleinerer Ryzen-Modelle werden sich zudem über die vollständigen UEFI-Optionen freuen.

SSD

Reichlich Speicherplatz, aber nicht zu teuer: Das geht am besten in Form einer SATA-SSD. Wir setzen auf ein 1-TB-Modell.

Der große Vorteil einer SSD gegenüber einer HDD ist zweifellos die Zugriffszeit: Die Anfrage wird sofort umgesetzt, sodass die gefühlte Leistung des Rechners rasant ist. Die hohe Kopierrate von SSDs ist nur das Tüpfelchen auf dem i. Tatsächlich lesen und schreiben PCI-Express-SSDs wesentlich schneller als ihre SATA-Kollegen, in den meisten Anwendungszenarien ist das jedoch kein fühlbarer Vorteil, verursacht aber Anschaffungskosten. Wir setzen daher auch bei diesem Rechner auf eine gute SATA-SSD mit 1 Terabyte Speicherkapazität.

Samsung SSD 860 Evo 1TB (ab circa 185 Euro): Der aktuell beste Kompromiss aus Leistung und Kapazität – 2 TB kosten noch über 400 Euro.

Netzteil

Um etwas Abwechslung ins Spiel zu bringen, setzen wir diesmal auf ein 80-Plus-Silber-Netzteil mit 500 Watt Gesamtleistung.

Be quiet Pure Power 10: Effizienter Wandler mit 80 Plus Silber

Das Pure Power 10 verfügt über eine unabhängige Spannungsregulation, da die Nebenspannungen durch Gleichspannungswandler erzeugt werden. Durch eine Klemmschaltung und Synchrongleichrichter wird zusätzlich die Effizienz gesteigert, die teilweise auf Gold-Niveau liegt, und es kann eine strikte Spannungsregulation erzielt werden: Ideal für Crossload-Szenarien, wie sie häufig in anspruchsvollen Spielen entstehen. Das gut durchdachte Netzteil besitzt einen 120-mm-Rifle-Bearing-Lüfter, der selbst unter Volllast nur 1,1 Sone Lautheit erzeugt; alles unter einer Sone ist als leise einzustufen. Mit einer Hold-up-Time von 23,2 ms liegt der Spannungswandler deutlich über dem vorgegebenen Wert von 16 ms.

SAMSUNG
Drive at lightning speed
Samsung Portable SSD X5
nvm EXPRESS Thunderbolt™ 3

Prozessorkühler

Obwohl unser Vorschlag für Gehäuse (rechts) große Kühler verkraftet, sollten Sie in Mini-Rechnern auf Kompaktheit setzen.

LC-Power Cosmo Cool RGB: Bunt beleuchtet und sechskerntauglich.

Der LC Power Cosmo Cool LC-CC-120-RGB bietet zu einem geringen Preis von weniger als 30 Euro vier Heatpipes, welche direkt auf der CPU aufliegen und somit eine bessere Kühlleistung erzielen sollen als bei einer konventionellen Bodenplatte. Des Weiteren ist der einzelne Kühlturm schwarz eloxiert und mit einem 120-mm-Lüfter versehen, welcher neben der PWM-Regelung über RGB-Beleuchtung verfügt und so über einen am Mainboard verfügbaren 4-Pin RGB-Header angesteuert werden und in den verschiedensten Farben erstrahlen kann. Durch seine schwarz-weiße Farbe passt der Kühler außerdem gut in das von uns gewählte Gehäuse, das ebenfalls mit vier RGB-Lüftern ausgestattet ist.

Arbeitsspeicher

16 GiByte sind Trumpf. Für diesen PC setzen wir auf ein attraktives Dual-Kit aus dem Hause Patriot.

Egal ob Sie Ihren Mini-Rechner für Spiele oder den Produktiveinsatz nutzen möchten, eine adäquate Speichermenge sollte es Ende 2018 sein. 16 GiByte stellen den optimalen Kompromiss dar; mit 8 GiByte wird so manches Spiel ruckelig und 32 GiByte sind kostenintensiv. Abseits der Sockel TR4 und 2066 ist ein Dual-Kit (zwei Riegel), in diesem Fall mit jeweils 8 GiByte, optimal. Die Patroit Viper (ab ca. 160 Euro) laufen mit DDR4-3200. Bedenken Sie, dass das außerhalb der AMD- und Intel-Spezifikation liegt, Praxisprobleme sind aber nahezu ausgeschlossen.

Patriot Viper: Das 2-Riegel-Kit PV416G320C6K bietet offiziell DDR4-3200 mit den Timings CL16-18-18-36

Fractal Design Node 304: Nicht zu klein, nicht zu groß – Sie werden bei der Wahl der Hardware kaum eingeschränkt.

Gehäuse

Unser Beispielgehäuse mit unter 20 Liter Volumen bietet Platz für große CPU-Kühler und lange Grafikkarten

Das Fractal Design Node 304 ist bereits seit längerer Zeit in Schwarz und Weiß erhältlich. Wegen seiner schlichten Optik und kleinen Größe ist es geradezu prädestiniert für den Einsatz im Wohnzimmer oder in einer „Gaming-Ecke" mit wenig Platz. Trotz der relativ kleinen Abmessungen fasst das Fractal-Gehäuse Prozessorkühler mit bis zu 165 mm Höhe und sogar Grafikkarten mit einer Länge von 310 mm – hier passt selbst der größte Bolide hinein. Ebenfalls können maximal sechs 3,5-Zoll-Festplatten installiert werden (mit einer langen Grafikkarte nur vier, da der letzte Käfig entfernt werden muss).

Doch nicht nur die Ausstattung, auch die Leistung im Praxistest stimmt. Die Temperaturen fallen mit rund 66 °C auf der CPU und 70 °C auf dem Grafikchip (automatische Lüfterdrehzahl: ~2.060 U/Min) nur geringfügig höher aus als im offenen Aufbau. Dies wird vor allem durch die zwei vorderen 92-mm-Lüfter und den hinteren 140-mm-Lüfter, welche mit 1.300 respektive 1.000 U/Min drehen, möglich gemacht. Falls Ihnen die Propeller in ihrer Standardkonfiguration zu laut sein sollten, können Sie deren Spannung mit Hilfe einer integrierten Lüftersteuerung auf 7 sowie 5 Volt reduzieren, um so die Drehzahl und im gleichen Zug die Lautheit abzusenken. Ohne Drosselung entspricht die Lautheit aus 50 Zentimeter Entfernung entweder guten 1,8 Sone (frontal) oder 2,4 Sone (45° seitlich). Das Mesh in der Seitenwand lässt mehr Lärm herausdringen als die massive Front.

Rasante Geschwindigkeit

SAMSUNG

MB/s

Sequenzielles Lesen
bis zu **2.800 MB/s**

Sequenzielles Schreiben
bis zu **2.300 MB/s**

Staubfänger mit kleinen Nebenwirkungen?

Staubfilter gehören zur Pflichtausstattung eines empfehlenswerten Gehäuses. Wir prüfen, ob es sich lohnt, auf diesen Schutz zugunsten eines optimierten Luftstroms mit besserer Kühlung zu verzichten.

Obwohl die Hersteller Gehäusen immer mehr optische Extras wie gläserne Seitenteile oder eine bunte Beleuchtung spendieren, ist die auffällige Präsentation der Komponenten im Inneren des Hardware-Heims nicht dessen primärer Zweck. Hauptaufgabe eines Gehäuses ist es, die eingebaute Hardware vor Staub, Schmutzpartikeln in der Luft oder anderen Verunreinigungen wie etwa Zigarettenqualm zu schützen, denen sie bei einem offenen Aufbau, beispielsweise auf einem Benchtable, ausgesetzt wäre.

Die zweite wichtige Funktion von Gehäusen ist die Kühlung. Jedes Modell, Vertreter mit Passivkühlung ausgenommen, ist mit Lüftern ausgestattet und verfügt alternativ über Montagemöglichkeiten für Radiatoren für den Einsatz einer Wasserkühlung. Da bei beiden Kühlmethoden Luft in den Inneraum befördert wird, gehören Staubfilter ebenfalls zur Ausstattung eines empfehlenswerten Gehäuses. Diese verhindern, dass Staub und andere Schmutzpartikel ins Innere gelangen, beeinflussen aber gleichzeitig den Luftstrom und somit indirekt auch die Kühlung. Doch wie groß ist dieser Einfluss? Lohnt es sich für eine bessere Kühlung gar auf den Staubschutz zu verzichten und erhöht sich im Gegenzug dadurch auch die Geräuschkulisse? Diese Fragen versuchen wir mit unserem Experiment zu beantworten.

Bei unserem Test mit einer Kompaktwasserkühlung nutzen wir die Corsair H115i Pro.

Wo finde ich Staubfilter?

Gehören Staubfilter zur Grundausstattung eines Gehäuses, findet man diese an Stellen, an denen bereits Lüfter montiert sind oder die mit Luftquirlen (alternativ mit Wärmtauschern einer Wasserkühlung) bestückt werden können. Bei Gehäusen mit normalem Kühldesign, bei dem die Lüfter an der Vorderseite für die Frischluftzufuhr verantworlich sind und ein Propeller im Heck oder je nach Konstruktion auch ein weiteres Modell am hinteren Ende des Deckels die verbrauchte Luft wieder aus dem Gehäuse befördern, ist ein Front-Staubschutz Standard. Der befindet sich in der Regel vor den Lüftern, aber hinter den Lufteinlässen, die seitlich oder über die gesamte Vorderseite verteilt sind.

Besitzt das Hardware-Heim einen offenen respektive halboffenen Deckel (Corsair Crystal 570X) oder eine spezielle modulare Konstruktion wie das Fractal Design Define R6 (Modivent), ist auch hier in der Regel ein Staubfilter vorhanden. Ein weiterer Staubschutz befindet sich unterhalb des Gehäusebodens. Da der Lüfter des Netzteils die Umgebungsluft zum Kühlen der Kondensatoren einsaugt, ist

Staubfilter gibt es auch für GPU-Lüfter (hier: Gainward 8600 GTS). Werden diese nicht regelmäßig gereinigt, kommt es zu Staubansammlungen, welche den Luftfluss einschränken.

Ein Merkmal des Fractal Design Define R6 ist seine flexible Innenraumgestaltung. Die Halterung für die 3,5/2,5-Zoll-Laufwerkskäfige lässt sich vollständig demontieren.

ein Staubfilter auch hier absulut sinnvoll. Lässt sich am Boden ein weiterer Lüfter für die Frischluftzufuhr anbringen, sollte der Filter die komplette Unterseite abdecken. Da der Hecklüfter die Luft nur aus dem Gehäuse bläst, wäre ein Staubschutz hier völlig unangebracht.

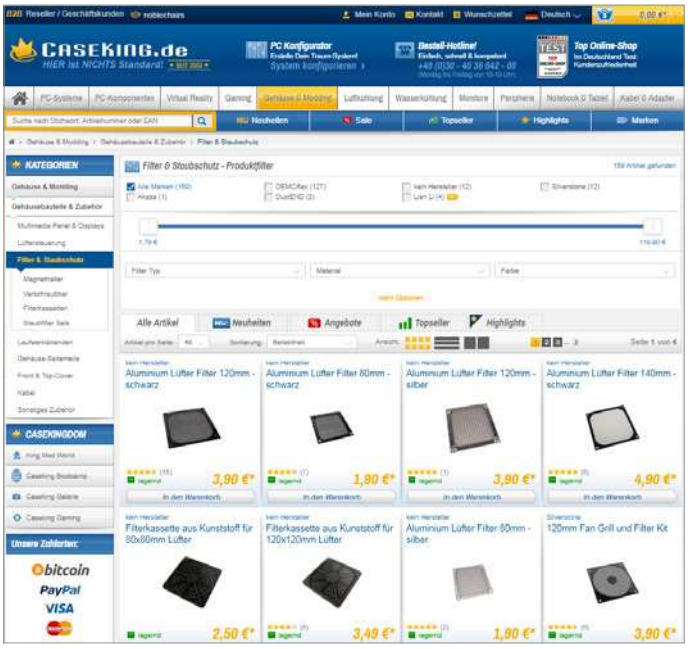
Befestigung, Reinigung und Nachrüstmöglichkeiten

Wie bei unsere Test-Towern auf der nächsten Seite zu sehen ist, gibt es verschiedene Befestigungsmethoden für die Schmutzfänger. Sie werden entweder mit etwas Druck eingesetzt, mithilfe magnetischer Elemente am Chassis befestigt oder verfügen – wie der größte Teil der Staubfilter für den Boden – über einen Zugmechanismus mit Führungsschienen. Fest montierte Staubfilter sind dagegen nur bedingt hilfreich, da sie sich zur Reinigung nicht entfernen lassen. Gehören die Filter nicht zur Grundausstattung, können Sie diese, falls im Webshop des Herstellers angeboten, nachbestellen. Einige Online-Händler, beispielsweise Caseking (www.caseking.de), haben auch vorgefertigte Staubfilter für verschiedene Lüfter-/Radiatorgrößen auf Lager oder bieten Nachrüst-Sets für populäre Gehäusemodelle an.

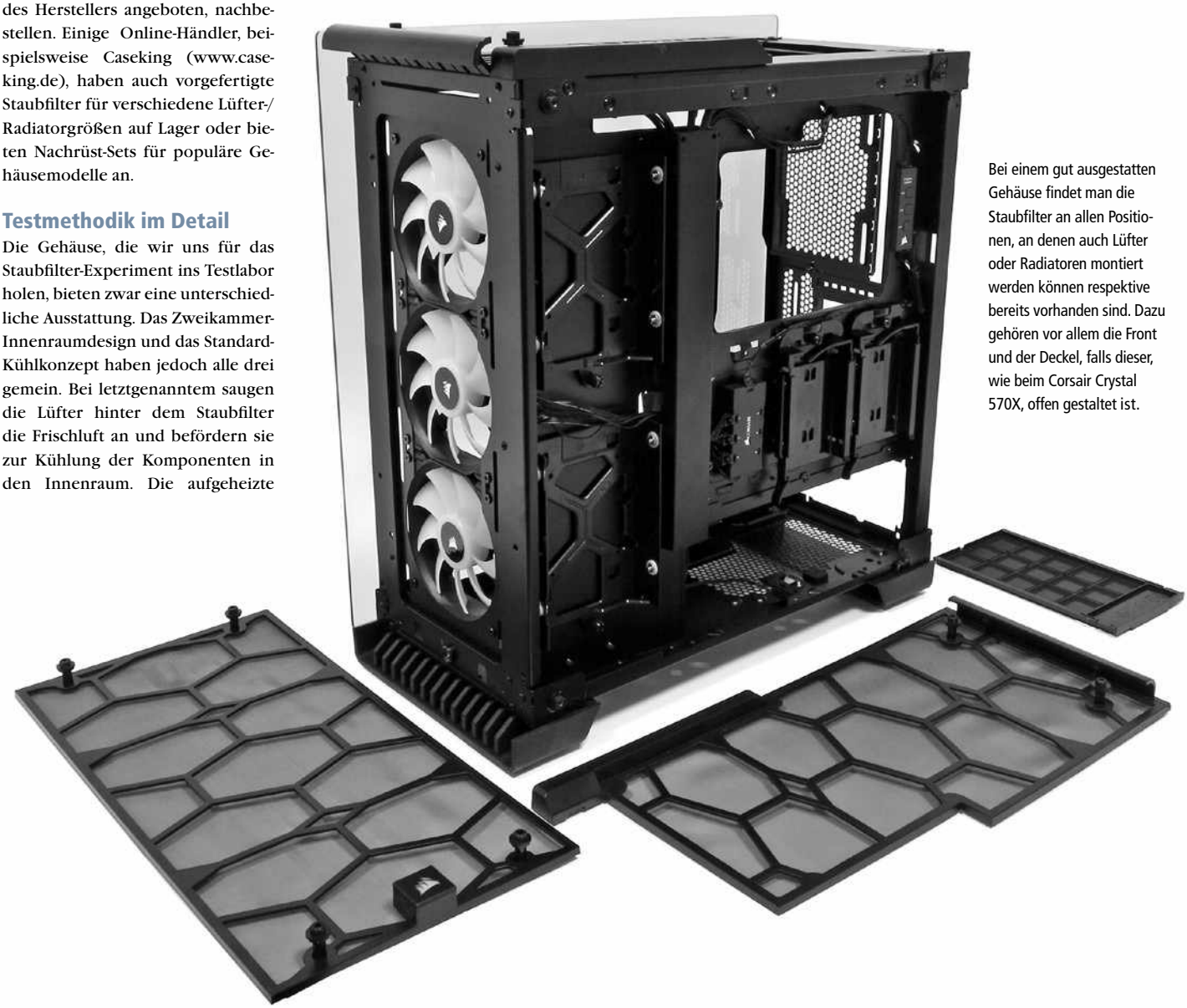
Testmethodik im Detail

Die Gehäuse, die wir uns für das Staubfilter-Experiment ins Testlabor holen, bieten zwar eine unterschiedliche Ausstattung. Das Zweikammer-Innenraumdesign und das Standard-Kühlkonzept haben jedoch alle drei gemein. Bei letztgenanntem saugen die Lüfter hinter dem Staubfilter die Frischluft an und befördern sie zur Kühlung der Komponenten in den Innenraum. Die aufgeheizte Luft wird dann bei geschlossenem Deckel (Fractal Design Define R6 oder Cooler master Mastercase MC600P) durch den Hecklüfter aus dem Gehäuse geblasen oder steigt wie beim Corsair Crystal zum halboffenen Deckel auf (Konvektion). Bei dieser Kühlmethode hat der Staubfilter vor den Frontlüftern den größten Einfluss auf den Luftstrom. Da wir mit einem passiven Netzteil arbeiten, kommt dem Staubfilter am Boden im Gegenzug keine Bedeutung zu. Selbiges gilt für die Pendants im Deckel des Fractal Design Define R6 respektive des Corsair Crystal 570X.

Da wir in unserem Testlabor den Luftfluss mit und ohne Front-Staubfilter nicht messen können, beschränken wir das Experiment darauf, zu ermitteln, wie sich der Luftstrom auf die Temperatur der CPU, GPU und des Innenraums



Staubfilter können Sie in Webshops wie dem von Fractal Design oder bei Caseking.de nachkaufen. Hier haben Sie die Wahl zwischen universellen und gehäusespezifischen Modellen.



Bei einem gut ausgestatten Gehäuse findet man die Staubfilter an allen Positionen, an denen auch Lüfter oder Radiatoren montiert werden können respektive bereits vorhanden sind. Dazu gehören vor allem die Front und der Deckel, falls dieser, wie beim Corsair Crystal 570X, offen gestaltet ist.

Corsair Crystal 570X: Das gläserne Show Case

Die Verglasung sorgt für ein halboffenes Design. Da der Hecklüfter fehlt, setzt Corsair auf die thermische Konvektion. Dabei steigt die von den Lüftern in den Innenraum beförderte und aufgeheizte Luft noch oben zum offenen Deckel auf.

Der Staubfilter am Boden befindet sich unterhalb der Netzteilkammer und lasst sich herausziehen. Nutzen Sie ein passives Netzteil, können Sie auf den Staubschutz verzichten.

Der Front-Staubschutz ist magnetisch und mit Halterungen für die Glasplatte ausgestattet.

Die thermische Konvektion beeinflusst der magnetische Staubschutz im Deckel nicht.

Cooler Master Mastercase MC600P: Modulares Hardware-Heim

Bei dem Gehäuse mit modularem Innenraumdesign befördern die durch einen Staubfilter aus Metall geschützten 140-mm-Lüfter Frischluft ins Innere. Mit dem Air-Vent-System (3) lassen sich die Lufeinlässe für eine Optimierung des Luftstroms vergrößern. Ist der Lufteinlass des Deckels offen, entweicht etwas warme Luft nach oben, während der Heckpropeller den Rest aus dem MC600P bläst.

Wie beim Crystal 570X deckt auch beim MC600P der Staubfilter nur den Teil ab, an dem sich der Lüfter des Netzteils befindet. So saugt der Stromgeber nur gefilterte Frischluft an.

Die feinmaschige Wabengitteroberrfläche des Front-Staubfilter besteht aus Metall.

Mithilfe des Air-Vent-Systems lässt sich der Lufteinlass an der Front vergrößern.

Fractal Design Define R6: Der leise, gedämmte Klassiker

Beim Define R6 von Fractal Design erfolgt der Zugang zum Staubfilter und den dahinter platzierten 140-mm-Frontlüftern durch das Öffnen der gedämmten Tür (2). Bliebt der Modivent-Deckel (1) geschlossen wird die Frischluft von den Lüftern hinter dem Staubfilter angesaugt, im Innenraum verteilt und durch die CPU-Kühlerlammellen befördert. Der 140-mm-Hecklüfter bläst die erwärmte Luft anschließend wieder aus dem gedämmten Define R6 heraus.

Eine Besonderheit des gedämmten Gehäuses ist die als Modivent bezeichnete Deckelkonstruktion, bei der für ein offenes Design der Staubfilter ohne die Abdeckung eingebaut wird.

Der hinter der gedämmten Tür eingesetzte Staubfilter lässt sich einfach entnehmen.

Der Filter verfügt über einen Schiebemechanismus und deckt den ganzen Boden ab.

auswirkt, wenn diese nicht durch den Staubfilter unterbrochen wird. Da mittlerweile zur CPU-Kühlung des Öfteren auch eine Kompaktwasserkühlung eingesetzt wird, führen wir den Temperaturvergleich bei zwei Gehäusen zusätzlich mit der Corsair H115i Pro RGB anstelle eines Turmkühlers (Scythe Mugen 5 Rev. B) durch. Dabei montieren wir den 280-mm-Raditor an die Stelle, an der sich die ausgebauten Frontlüfter befinden. Zusätzlich überprüfen wir, ob Staubfilter über eine dämmende Funktion verfügen, indem wir die Lautheit mit und ohne montierten Staubschutz messen.

Spezielles Testsystem

Auf den Einsatz unseres Gehäuse-Testsystem müssen wir bei diesem Experiment verzichten. Einerseits benötigen wir für den Luftstrom einen Turmkühler statt eines Top-Blow-Modells. Andererseit wollen wir den Test mit aktueller Infrastruktur durchführen und entscheiden uns mit dem R7 2700X sowie dem Gigabyte AX370-Gaming 5 für eine sehr moderne Basis (Gehäuse Testsystem: Core i7-6700K [Skylake] auf Platine mit Z170-Chipsatz). Des Weiteren ersetzen wir die Gigabyte GTX 1070 Mini ITX OC durch die leistungsstärkere, mehr Abwärme produzierende MSI GTX 1080 Ti Gaming 11G. Mithilfe eines Witcher-3-Spielstands (alle Details/UHD) heizen wir das Innere des mit und ohne Front-Staubfilter bestückten Gehäuses eine Stunde auf und vergleichen die Messwerte von Lautstärke und Temperatur miteinander (siehe Tabelle unten).

Der Einfluss von Staubfiltern auf die Kühlung/Lautheit: Messwerte Lüftkühlung*

Gehäuse	Temperatur CPU mit/ohne Staubfilter	Temperatur GPU mit/ohne Staubfilter	Temperatur Innenraum mit/ohne Staubfilter	Lautheit** mit/ohne Staubfilter
Fractal Design Define R6	76,0 °C [max.], 65,5 °C [durchs.]/73,9 °C [max] 62,6 °C [durchs.]	77,0 °C/77,0 °C	28,4 °C/26,2 °C	1,9 [1,9 Sone]/2,3 [2,2 Sone]
Corsair Crystal 570X	74,9 °C [max.], 63,4 °C [durchs.]/73,5 °C [max] 61,0 °C [durchs.]	75,0 °C/74,0 °C	29,4 °C/27,9 °C	2,6 [2,9 Sone]/2,6 [2,9 Sone]
Cooler Master Mastercase MC600P	80,9 °C [max.], 68,5 °C [durchs.]/78,6 °C [max] 65,7 °C [durchs.]	72,0 °C/72,0 °C	39,3 °C/38.8 °C	1,7 [1,6 Sone]/1,7 [1,6 Sone]

* System: R7 2700X, Gigabyte AX370-Gaming 5, 16 GiB DDR4-3400-RAM, Scythe Mugen 5 Rev. B, MSI GF GTX 1080 Ti Gaming X 11G, Enermax Digifanless 550 Watt, Umgebungstemperatur: 24 °C, Steuerung Lüfterdrehzal per „Smart Fan" im UEFI (Standard), Witcher 3 (UHD, max. Details) ** Lautheit der Lüfter: 50 cm Abstand frontal [schräg vorne im 45-Grad-Winkel]

Der Einfluss von Staubfiltern auf die Kühlung/Lautheit: Messwerte Wasserkühlung**

Gehäuse	Temperatur CPU mit/ohne Staubfilter	Temperatur GPU mit/ohne Staubfilter	Temperatur Innenraum mit/ohne Staubfilter	Lautheit*** mit/ohne Staubfilter
Fractal Design Define R6	65,1 °C [max.], 53,1 °C [durchs.]/62,5 °C [max] 50,6 °C [durchs.]	76,0 °C/76,0 °C	33,6 °C/32,1 °C	1,6 [1,6 Sone]/1,8 [1,8 Sone]
Cooler Master Mastercase MC600P	66,1 °C [max.], 55,4 °C [durchs.]/65,0 °C [max] 54,3 °C [durchs.]	74,0 °C/74,0 °C	37,3 °C/37,1 °C	1,3 [1,3 Sone]/1,5 [1,4 Sone]

** System: R7 2700X, Gigabyte AX370-Gaming 5, 16 GiB DDR4-3400-RAM, Corsair H115i Pro (280 mm), MSI GF GTX 1080 Ti Gaming X 11G, Enermax Digifanless 550 Watt, Umgebungstemp.: 24 °C, Lüfterdrehzal per „Smart Fan" im UEFI (Standard), Witcher 3 (UHD, max. Details) *** Lautheit der Lüfter: 50 cm Abstand frontal [schräg vorne im 45-Grad-Winkel]

Diskussion der Messergebnisse

Bevor wir nun abschließend die Messergebnisse in der Tabelle auf der vorherigen Seite genauer betrachten und kommentieren, lässt sich ein Fazit schon vorab formulieren: Das Entfernen der Staubfilter bringt bei allen Gehäusen eine Verbesserung der Kühlung. Der Temperaturrückgang fällt aber immer geringer aus als 3,0 °C. Im Gegenzug sind auch die Unterschiede bei der Lautstärkemessung, nicht besonders groß. Lediglich bei zwei Gehäusen bestätigt sich die Annahme, das beim Ausbau des Filters die Geräuschkulisse ansteigt.

Es wird kaum kühler

Den größten Temperaturrückgang nach dem Ausbau des Staubfilters an der Front (Luftkühlung) messen wir beim Fractal Design Define R6 und dem Cooler Master Mastercase MC600P. Bei Fractal Designs gedämmten Vertreter fällt die CPU-Temperatur beim Maximalwert von 76,0 °C auf 73,9 °C und beim Druchschnittswert von 65,5 °C auf 62,6 °C. Während die GPU-Temperatur von dem fehlenden Staubfilter unbeeinflusst bleibt, kühlt sich der Innenraum um 2,2 °K (28,4 °C auf 26,2 °C) ab. Ersetzen wir die beiden 140-mm-Frontlüfter durch den 280-mm-Radiator der Corsair H115iPro RGB, sinken die CPU-Temperaturen von 65,1 °C/53,1 °C (Maximum/Durchschnitt) auf 62,5 °C/50,6 °C. Die 0,5 °K Veränderung im Innenraum fällt dagegen in die Messtoleranzgrenze.

Bei Cooler Masters modularem Gehäuse mit Air-Vent-Belüftungssystem sieht die Sache ähnlich aus: Während sich die CPU-Temperatur um 2,3 °K/2,8 °K (Maximum/Durchschnitt) verbessert, sinkt die Innenraumtemperatur ebenfalls um vernachlässigbare 0,5 °K. Der Ausbau des Frontstaubfilters aus Metall bei gleichzeitigem Einbau des 280-mm-Radiators der Kompakt-WaKü resultierert jedoch beim Prozessor nur in einen Temperaturunterschied von 1,1 °K (Maximum und Durchschnitt). Die Temperaturveränderung von lediglich 0,2 °K im Innenraum befindet sich erneut innerhalb der Messtoleranzgrenze.

Das Corsair Crystal 570X verfügt über keinen Hecklüfter, sodass die aufgeheizte Luft nur durch das Gitter des ungenutzten Lüfterplatzes sowie den halboffenen Glasdeckel entweichen kann. Trotzdem sorgt auch hier der fehlende Staubfilter vor den drei 120-mm-Propellern für leicht gesenkte Temperaruren bei der CPU (1,4 °K/2,4 °K [Maximal/Durchschnitt]) und im Innenraum (1,5 °K). Selbst die GPU-Temperatur verringert sich um 1 °K, was daran liegen kann, dass die Frischluftzufuhr leicht erhöht wird. In der Zusammenfassung aller Ergebnisse zeigt sich aber das, was wir anfangs bereits festgestellt haben: Der Verzicht auf Staubfilter wirkt sich auf jeden Fall positiv auf die Kühlung aus. Ob eine Temperaturverbesserung von rund 2 °C allerdings den deutlich höheren Grad der Verschmutzung bei den Lüftern und im Innenraum rechtfertigt, muss jeder Nutzer für sich entscheiden.

Ein Staubfilter hätte die starke Verunreinigung des Kühlelements verhindert. Anders als beim Gehäuse findet man jedoch bei GPUs nur selten einen Staubschutz vor den Lüftern.

Filtern ja, dämmen nein

Unsere Annahme, dass ein demontierter Staubfilter die Lüfterlautstärke messbar erhöht, bestätigte sich nur bei zwei Gehäusen. Beim Fractal Design Define R6 steigt der Geräuschpegel von 1,9/1,9 Sone auf 2,3/2,2 Sone, als wir den Staubblocker vor den Lüftern entfernen. Beim Cooler Master Mastercase MC600P messen wir nach dem Ausbau des Filters vor dem 280-mm-Radiator 1,5/1,4 Sone anstelle von 1,3/1,3 Sone. Das zeigt, dass Staubfilter wohl nur in einigen Fällen dämmende Eigenschaften besitzen. *(fs)*

Fazit

Einfluss von Staubfiltern

Wer bei der Kühlung um jedes Grad kämpft, für den lohnt sich ein Verzicht auf Staubfilter an Stellen, an denen Luft ins Gehäuse befördert wird. Die Entscheidung, ob eine Senkung der CPU-Temperatur von rund 2 °C bis 2,5 °C es wert ist, dass Staub und verdreckte Luft ungefiltert ins Gehäuseinnere gelangen, liegt beim Nutzer (siehe Meinungskästen). Die These, dass Staubfilter den Luftstrom und somit die Kühlung stark beeinflussen sowie dämmende Eigenschaften haben, ist unserem Experiment zufolge nicht haltbar.

Wollmäuse und Staub in meinem PC? Ganz bestimmt nicht!

Frank Stöwer

Als jemand, der seinen PC in einem Raum stehen hat, in dem er schläft, und der zudem Ex-Raucher ist, kam bisher ein Gehäuse ohne Staubfilter für mich überhaupt nicht infrage. Da mein FX 8350 jedoch ein Stromfresser ist, klang es verlockend, durch den Verzicht auf den Staubfilter des 140-mm-Frontlüfters den Hitzkopf besser kühlen zu können. Doch das Ergebnis dieses Experiments hat mich dann in meiner anfänglichen Skepsis bestätigt. Ich versuche lieber weiterhin, Staub, andere Dreckspartikel oder die berüchtigten Wollmäuse von meinem PC fernzuhalten. Dass meine CPU dafür zwei bis drei Grad wärmer wird und sich der Innenraum meines InWin 904 etwas mehr aufheizt, nehme ich in Kauf!

Jedes Grad zählt, nicht nur beim Overclocking!

Willi Tiefel

Da ich bisher der Meinung war, dass es einen großen Unterschied macht, ob Staubfilter zum Einsatz kommen oder nicht, und ich bisher oft meine Systeme gewechselt oder regelmäßig verändert habe, waren Staubfilter bis dato immer kein Thema für mich. Ganz im Gegenteil sind die gleich nach dem Auspacken aus dem Gehäuse geflogen. Obwohl die Testergebnisse hier nur marginale Vorteile bescheinigen, werde ich dennoch auf die Filter verzichten und den Rechner dafür öfter sauber machen. Zumal durch die etwas niedrigeren Temperaturen auch ein kleiner Lautstärkevorteil entsteht. Vielleicht ist es auch nur mein Verstand, der mir sagt, dass so eine bessere Luftzirkulation in meinem PC herrscht – wer weiß ;-)

Seasonic 550W-PSU

PCGH-Edition

Vier Jahre nach dem ersten PCGH-Netzteil mit Seasonic bringen wir nun einen Nachfolger auf den Markt, der auf der Focus-Plus-Serie basiert.

Mit dem Focus+ löst Seasonic die G-Serie ab und bietet sehr hochwertige Gold-Netzteile zum fairen Preis an. Die Version mit 550 Watt gibt es ab sofort auch als PCGH-Edition. Das Highlight ist sicherlich der sleeved Kabelsatz, der allein schon einen Wert von ca. 60 Euro hat. Doch damit nicht genug, es werden auch mehr und auch längere Kabel mitgeliefert. Einige Mainboards benötigen 2 x 4+4 Pin-Kabel und diese Anforderung erfüllt das PCGH-Gerät. Außerdem stehen nun insgesamt vier PCI-E-Anschlüsse und mehr SATA- und PATA-Anschlüsse zur Verfügung. Die Effizienz ist laut unseren Tests minimal gestiegen. Das Netzteil verfügt neben dem Stromstecker über einen Schalter, den wir nun Fanless Mode genannt haben. Im Fanless Mode steht der Lüfter bis 35 Prozent Last komplett still. Bei der PCGH-Edition wurde die Lüfterkurve weiterhin leicht optimiert; so erzeugt das Netzteil selbst bei 80 Prozent Last nur 0,1 Sone und ist damit quasi unhörbar. Auf der Heft-DVD oder unter www.pcgh.de/focus finden Sie noch ein Video zum Netzteil. (dw)

Ein Sleeved Kabelset im Wert von rund 60 Euro, mehr und längere Kabel, eine optimierte Lüfterkurve sowie das PCGH-Branding zeichnen das 550-Watt-Netzteil in der PCGH-Edition aus.

Produkt	Seasonic Focus+ Gold 550W PCGH-Edition	Seasonic Focus+ Gold 550W Standard-Edition
Modellnummer	PCGH SSR-550FX	SSR-550FX
Maximalleistung (Herstellerangabe)	550 Watt	550 Watt
Webseite	www.pcgh.de/focus	seasonic.com
Details		
Kabellänge SATA-/Molex-Stecker	35-90 cm/45-69 cm	45-81 cm/ 45-69 cm
Anschlüsse Floppy/PATA/SATA	1/6/8	1/3/6
12-V-Anschluss/ATX-Stecker (Länge)	2x 4+4 Pin (61 cm), 20+4 Pin (61 cm)	4+4 Pin (61 cm), 20+4 Pin (61 cm)
PCI-E-Anschlüsse (Länge)	4 x 6+2 Pin (73 cm)	2 x 6+2 Pin (67,5 cm)
Modulares Kabelsystem	Ja, vollmodular	Ja, vollmodular
Kühlsystem	Aktiv, 120-mm-Fluid-Dynamic-Bearing-Lüfter	Aktiv, 120-mm-Fluid-Dynamic-Bearing-Lüfter
Handbuch/Garantie	Kurzanleitung, mehrsprachig/10 Jahre	Kurzanleitung, mehrsprachig/10 Jahre
80-Plus-Zertifizierung	80 Plus Gold	80 Plus Gold
Schutzmechanismen laut Hersteller	OVP, UVP, OCP, OPP, OTP, SCP	OVP, UVP, OCP, OPP, OTP, SCP
Zubehör/Sonstiges	Kaltgerätestecker, Kabelbinder (Klett, Plastik), Schrauben, Sticker	Kaltgerätestecker, Kabelbinder (Klett, Plastik), Schrauben, Sticker
Abmessungen L x B x H	140 x 150 x 86 mm	140 x 150 x 86 mm
Aufteilung +12-V-Schienen	Single-Rail	Single-Rail
Leistung		
Effizienz 10/20/50/100 %**(230 Volt)	87/91/92/91 %	86/91/92/90 %
Effizienz bei 25/90/250/500 Watt	77/90/92/91 %	76/89/92/90 %
Lautstärke 10/20/50/80/100 %	0/0/0/0,1/1,0 Sone	0/0/0/0,2/1,2 Sone
Merkmale PCGH-Edition		
Kabelsleeving	Ja (komplettes sleeved Kabelset)	Nein (Flachbandkabel)
Kabelausstattung	Zusätzliche Kabel	Standardausstattung an Kabeln
Kabellänge	Längere Kabel	Standardlänge der Kabel
Lüfterkurve	Optimiert	Nur 1,2 Sone bei 100 % Last
Fanless Mode	Schalter besser beschriftet	Hybrid Mode
PCGH-Branding auf Netzteil	Ja	Nein
PCGH-Branding auf Zubehör	Ja	Nein
Branding Verpackung	Ja	Nein
	⊕ Sleeved Kabelset und mehr Kabel ⊕ Optimierte Lüfterkurve ⊖ Teurer als Standard-Edition	⊕ Sehr hohe Effizienz ⊕ Bereits ab 40 % Last lautlos ⊖ Beschriftung Hybrid Mode

PCGH-Edition **Mehr Infos unter: www.pcgh.de/focus** PC Games Hardware DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

High Dynamic Range

HDR-Rendering wird auch auf dem PC populärer. Spiele mit erweitertem Farbraum wirken deutlich realistischer – doch mit dem Nachteil, dass die Framerate sinkt. Um wie viel, klären wir in diesem Artikel.

Bild: Benq

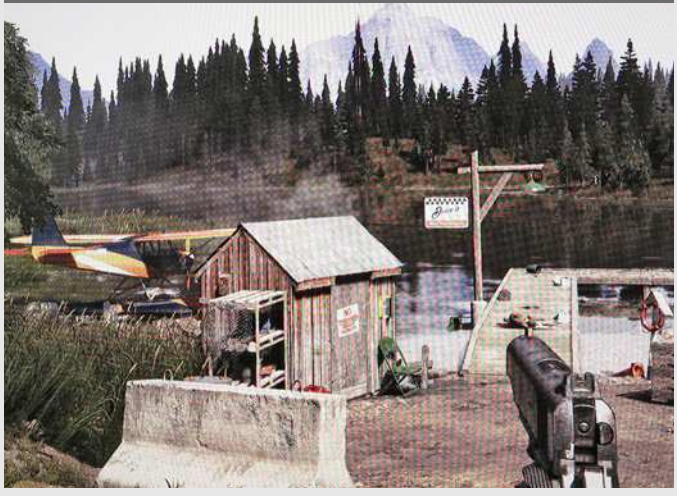
High Dynamic Range oder HDR-Rendering ist bei den Konsolen beziehungsweise TV-Geräten ein aktuell heißes Thema. Auch PC-Spieler können den deutlich erweiterten Farbraum in Kombination mit hohen Leuchtstärken der voll HDR-fähigen Displays genießen. Allerdings gibt es von Letzteren zur Zeit nur eine Handvoll Vertreter, die überzeugen können – und diese sind zumeist sehr teuer. Wir nutzen für diesen Test mit dem Samsung CHG70 (volle Modellbezeichnung: C32HG70QQN) und Dell Ultrasharp UP2718Q zwei HDR-Monitore, die beide Umstände erfüllen. Samsungs 32-Zoll messendes Curved-Display unterstützt Auflösungen bis WQHD bei 144 Hz und obendrein Freesync 2, welches in Spielen mit entsprechendem Support die HDR-Darstellung verbessern soll – bislang hält sich die Unterstützung von Freesync-2-HDR mit Far Cry 5 allerdings in Grenzen – mehr dazu später. Das Dell-Display unterstützt indes Auflösungen bis Ultra HD und verfügt mit 1.000 cd/m² über eine hohe Leuchtstärke. Wir prüfen die Spiele mit beiden Displays, Freesync kommt indes nur bei Far Cry 5 zum Einsatz. Wir haben zehn aktuelle Titel auf die Performance-Auswirkungen untersucht.

HDR und fehlerhafte HDR-Darstellung im Vergleich

Aktuell ist HDR auf dem PC noch von Problemen geplagt. Eins davon ist die häufig nicht korrekt greifende HDR-Darstellung, bei der trotz HDR-Signal nicht der erweiterte Farbraum genutzt wird. Dies wird in Form von Banding, auswaschenden Farben, absaufenden Kontrasten und verlorenen Details ersichtlich – schauen Sie einmal auf das Ufer im Hintergrund.

Korrekte HDR-Darstellung via Freesync-2-HDR

Fehlerhafte HDR10-Darstellung (kein erweiterter Farbraum)



High Dynamic Range auf dem Prüfstand

Die HDR-Darstellung mit erweitertem Farbraum kostet Leistung. Dies kommt unter anderem daher, weil für HDR ein erweiterter Framebuffer genutzt werden muss. Dieses HDR10-Floating-Point-Format (es gibt unzählige unterschiedliche) erhöht die Performance-Kosten sowie den Speicherbedarf bereits leicht. Außerdem müssen die Farben des Spiels via GPU und Tonemapping angepasst werden, um ein Auswaschen des HDR-Bildes zu vermeiden. Des Weiteren kann ein Eingriff in das Post-Processing des Spiels nötig werden, was unter Umständen zusätzliche Berechnungen erforderlich macht. Außerdem funktionieren einige Hardware-Features wie beispielsweise die interne Farbkompression der jeweiligen GPU mit HDR-kompatiblen Formaten eventuell nicht oder nur eingeschränkt beziehungsweise weniger effizient. All dies kann Leistung kosten und sich von Spiel zu Spiel, von GPU zu GPU und Auflösung zu Auflösung unterscheiden. Aus diesem Grund fertigen wir Benchmarks mit insgesamt sechs Grafikkarten in drei verschiedenen, zur Leistungsklasse der jeweiligen GPUs passenden Auflösungen.

Neben dem spielinternen Tonemapping wird das fertig gerenderte Bild nach der Ausgabe durch die GPU nochmals vom HDR-Display angepasst. Dieses „Hardware-Tonemapping“ des Displays erzeugt durch die verzögerte Ausgabe des Bildes einen spürbar höheren Input-Lag im Spiel, wenn die HDR-Darstellung aktiviert wird. Dieses Phänomen lässt sich mit Freesync 2 abstellen, da das entsprechende Tonemapping des Displays wegfällt. Stattdessen kommuniziert der Monitor über Freesync 2 direkt mit dem Spiel, die nötigen Anpassungen werden direkt und für das Display spezifisch während des Tonemappings im Spiel erledigt, der zusätzliche durch das Display verursachte Lag entfällt. Zudem unterstützt Freesync-2-HDR den direkten Wechsel von HDR zu SDR, was eine Vielzahl von Problemen beim Umschalten unter Windows 10, darunter falsch dargestellte Fenster oder Anwendungen wie Steam, vermeiden kann. Außerdem kann Freesync-2-HDR beeinflussen, wie das Spiel schlussendlich auf dem Monitor wirkt, da die Farbanpassungen genau für das Display passend vorgenommen werden. Ein Spiel mit Freesync-2-HDR kann also anders aussehen als eins mit regulärem HDR. Gerne hätten wir auch einen weiteren Vergleich mit Nvidias Gsync-HDR gemacht, leider musste der entsprechende Monitor, der Acer Predator X27, die Redaktionshallen bereits wieder verlassen.

Ein Wort sollte auch noch zum Zustand der HDR-Unterstützung generell sowie beim Spielen gesagt werden. Denn nicht wenige Titel machen Probleme, zeigen HDR nicht oder nicht korrekt an (beispielsweise greift die höhere Leuchtstärke der Displays, nicht jedoch der erweiterte Farbraum), einzelne Modi funktionieren nicht korrekt oder nur mit dem passenden Framebuffer-Format, Screenshots lassen sich nicht schießen, Overlays wie Fraps oder der Afterburner funktionieren nicht und können die HDR-Ausgabe stören oder gar deaktivieren. So gut Spiele mit HDR-Support aussehen können, die Vielzahl an kleineren Ärgerlichkeiten, Support-Problemen sowie die ge-

Monster Hunter World

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	29	31,6 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	28	30,9 (-2%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	23	25,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	23	25,1 (-2%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	37	39,9 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	31	36,2 (-9%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	36	41,6 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	34	40,3 (-3%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	33	36,2 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	32	34,8 (-4%)

RX 580, 1.920 × 1.080, Sehr hoch, 64-Bit-Framebuffer

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	36	40,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	35	39,3 (-3%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Windows 10 x64 (1803)
Bemerkungen: Auffallend hoher Leistungsverlust bei der GTX 1070 Ti in WQHD.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Battlefield 1

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	62	71,4 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	61	69,2 (-3%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	49	57,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	49	55,9 (-2%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	75	86,8 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	72	83,1 (-4%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	79	92,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	77	91,2 (-1%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	69	80,7 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	67	78,8 (-2%)

RX 580, 1.920 × 1.080, Ultra

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	72	85,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	72	84,8 (-1%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Windows 10 x64 (1803)
Bemerkungen: In Battlefield 1 wiegt der HDR-Lag schwerer als der Fps-Verlust.

P99 Ø Fps
▶ Besser

nerell noch etwas unreif wirkende Windows-10-HDR-Unterstützung sollten Sie im Hinterkopf behalten, wenn Sie aktuell mit einem HDR-Display liebäugeln. Immerhin erscheinen mittlerweile recht viele PC-Spiele mit HDR-Support. Kommen wir also zu den Games und den Benchmarks.

Monster Hunter World

Die launige Ungeheuer-Hatz wurde von vielen PC-Spielern freudig erwartet, muss sich aber trotz zusätzlicher Entwicklungszeit von einem guten halben Jahr einige Kritik an der technischen Umsetzung gefallen lassen. Die Anforderungen sind hoch, die via Capcoms MT-Framework-Engine umgesetzte Grafik wirkt zwar handwerklich charmant, technisch indes veraltet. Die HDR-Ausgabe macht ebenfalls einige Probleme und scheint nur im Vollbildmodus, nicht aber im Borderless Window zu funktionieren und dies eventuell nur eingeschränkt. Generell wirkt die HDR-Darstellung eher mäßig überzeugend. Wir haben für alle Messungen das volle 64-Bit-Framebufferformat gewählt. Dieses kostet schon in SDR etwas Leistung. So liefert die GTX 1060 in SDR nach dem Wechsel auf das 64-Bit-Format in Full HD nur noch 36,2 statt 37,3 Fps, die RX 580 fällt von 41,2 auf 40,6 Fps (-3,0 respektive -1,6 Prozent). Das Zuschalten von HDR kostet dann nochmals Performance. Wenn Sie die Gesamtkosten für HDR inklusive Wechsel vom 32- auf den 64-Bit-Framebuffer berücksichtigen wollen, wären die Leistungskosten also noch rund 2 bis 3 Prozent höher. Die Ergebnisse lassen allerdings außerdem den Rückschluss zu, dass die Kosten von HDR nicht nur durch die Notwendigkeit eines HDR-kompatiblen Framebuffers zustande kommen. Nvidia ist von den Einbußen stärker betroffen als AMD. Insbesondere die GTX 1070 Ti strauchelt in WQHD und verliert beinahe 10 Prozent Leistung. Die AMD-GPUs büßen schlimmstenfalls 3 Prozent ein.

Battlefield 1

Auch in DICE' Multiplayer-Shooter stießen wir auf kleinere Probleme bei der HDR-Darstellung. Der Modus wird zwar korrekt aktiviert, wenn wir eines der Displays anschließen, die höhere Leuchtstärke ist kaum zu übersehen, doch der erweitere Farbraum scheint nicht immer zum Einsatz zu kommen – ersichtlich an einem starken Banding am Himmel und Verlusten von Details in hellen und dunklen Bereichen des Bildes. Funktioniert die HDR-Wiedergabe jedoch, wirkt Battlefield 1 sehr eindrücklich. Vor allem auf der für unsere Benchmarks genutzten Map Passendale (engl.: Passchendaele) kommt die erweiterte, deutlich realistischer wirkende HDR-Darstellung sehr gut zur Geltung. Die Flammen brennender Baumstümpfe und Gebäuderuinen lodern grell, Giftgas schwebt in unheilvollen Grüntönen über dem Schlachtfeld, der Matsch wirkt deutlich „erdiger" und authentischer als in SDR. Das HDR-Bild ist wirklich überzeugend und wird sicherlich durch den ebenfalls sehr glaubhaft wirkenden physikbasierten Renderer der Frostbite-Engine unterstützt. Wie wir auch in anderen Titeln beobachten konnten, wirkt HDR insbesondere dann sehr gut, wenn der Renderer des betreffenden Spiels Materialien, Beleuchtung, deren Wechselwirkung sowie Licht- und Schattenwürfe authentisch umzusetzen weiß. Der Performance-Verlust durch HDR ist in Battlefield 1 verschmerzbar, allerdings kann der zusätzliche Lag in dem flotten Shooter stören.

Destiny 2

Wenn es um HDR und Physically Based Rendering geht, wäre Bungees Online-Shooter ein guter Kandidat für die Gegenüberstellung mit Battlefield 1. Zwar ist die knallige Bonbon-Optik von Destiny 2 gefällig und Bungee hat einige eindrückliche Kulissen gebaut, die Materialien sowie die Beleuchtung und deren Interaktionen sind allerdings bei Weitem nicht so überzeu-

Destiny 2

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	58	65,2 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	53	59,2 (-9%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	38	42,6 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	36	39,7 (-7%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	66	75,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	61	69,5 (-7%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	57	65,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	57	63,1 (-3%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	62	71,9 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	60	68,2 (-5%)

RX 580, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	51	64 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	51	62,8 (-2%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803)
Bemerkungen: Destiny 2 gehört zu den Titeln, bei denen HDR auffällig teuer ist.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Resident Evil 7

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	51	68,4 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	50	68,3 (-0%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	45	57,4 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	44	56,9 (-1%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	66	91,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	64	88,1 (-3%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	78	106,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	78	106,1 (0%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	80	113,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	74	108,5 (-4%)

RX 580, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	84	119,8 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	84	119,8 (0%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803) **Bemerkungen:** HDR kostet in RE7 kaum Leistung, der optische Zugewinn ist dagegen groß.

P99 Ø Fps ▶ Besser

gend und fortschrittlich wie bei Battlefield 1. Summa summarum sieht Destiny 2 in HDR dann auch lange nicht so beeindruckend aus. Allerdings holt die Darstellung mit hohem Dynamik-Umfang viele Details aus den oft entweder sehr hellen oder sehr dunklen Umgebungen heraus. Schick sind zudem das grell leuchtende Plasma- und Laserfeuer sowie die oft bildschirmfüllenden Effekte. Der Performance-Verlust beim Zuschalten von HDR ist in Destiny 2 auffallend hoch. Sowohl AMD als auch Nvidia büßen empfindlich Leistung ein, Nvidia aber tendenziell etwas mehr. Der zusätzliche Lag begünstigt neben den niedrigeren Bildraten, dass sich Destiny 2 in HDR merklich indirekter anfühlt – selbst auf dem 144-Hz-Display.

Resident Evil 7

Noch einmal Capcom, diesmal jedoch mit aktueller Technik. Im Gegensatz zu Monster Hunter World kommt im Horror-Abenteuer die RE-Engine zum Einsatz. Diese liefert nicht nur eine erfreulich gute Leistung, sondern zeigt außerdem sehr beeindruckend auf, wie stark ein Spiel durch HDR profitieren kann. Gegenüber der SDR-Darstellung wirkt das Bild wesentlich realistischer. In der Düsternis der heruntergekommenen Hillbilly-Hütte treten zudem Details hervor, die in SDR nur schwer zu erkennen sind, durch die Schlitze vernagelter Fenster dringt dagegen extrem kontraststark grelles Sonnenlicht. Der schicke und überzeugende physikbasierte Renderer tut das Übrige, um Resident Evil 7 in HDR zu einem der beeindruckendsten Spiele in diesem Test zu machen. Erfreulicherweise halten sich außerdem die Performance-Einbußen in Grenzen.

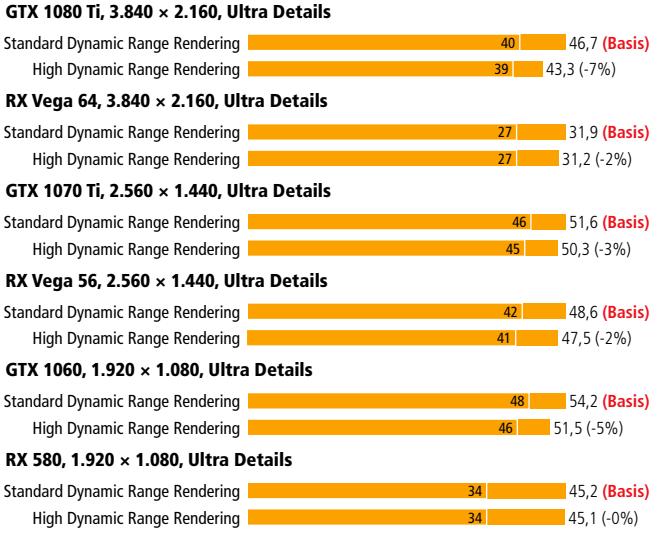
Assassin's Creed Origins

Ubisoft scheint das Thema HDR auch am PC am Herzen zu liegen. Die Umsetzung in Assassin's Creed Origins ist wie auch in Far Cry 5 (sofern funktionstüchtig) absolut sehenswert und erhöht die Glaubwürdigkeit der detailstrotzenden Open-World-Szenarien deutlich. Wir hatten allerdings auch bei Assassin's Creed Origins Fälle, in denen HDR nicht korrekt appliziert wurde – sowohl mit AMD- als auch Nvidia-Hardware wurde das Tonemapping appliziert, nicht aber der HDR-Modus mit erweiterter Farbspanne aktiv. Und obwohl das Bildschirmmenü in solch einem Fall eine aktive HDR-Ausgabe via Displayport bestätigt, ist das Bild fehlerhaft, Kontraste saufen völlig ab, Farben werden ausgewaschen. Die korrekte Anzeige mit tatsächlich hoher Dynamikreichweite ließ sich aber stets mit einigen Neustarts und peniblem Schließen von Hintergrundanwendungen sowie sämtlichen Ingame-Overlays (Uplay, Steam etc.) aktivieren. Das unter Umständen etwas nervige Startprozedere lohnt sich, das virtuelle Ägypten ist in HDR nochmals schöner als in der schon sehr schicken SDR-Präsentation. Die Leistungskosten können allerdings recht hoch ausfallen.

Far Cry 5

Der Open-World-Shooter im bildhübschen Montana kann analog zu Assassin's Creed ebenfalls recht deutlich von HDR profitieren – der erweiterte Farbraum lässt das Gesamtbild natürlicher wirken, satte Farben wie die rot lackierten Silos der irren Sektenanhänger hervorstechen, Explosionen hitzig gleißen und insbesondere die Vegetation samt deren Ausleuchtung und Verschattung deutlich authentischer wirken. Mit der HDR10-Darstellung hatten wir allerdings Probleme, auch hier wurde HDR nicht korrekt appliziert. Mit dem Wechsel auf das scRGB-Framebuffer-Format funktionierte die Ausgabe aber. Im Gegensatz zu Monster Hunter World sind die HDR-Framebufferformate während der Messungen nur bei der HDR-Ausgabe aktiv. Die Leistungseinbußen fallen recht hoch aus, wieder hat AMD einen tendenziellen Vorteil. Das gilt insbesondere dann, wenn wir Freesync-2-HDR nutzen, denn obwohl auch diese Option Leistung

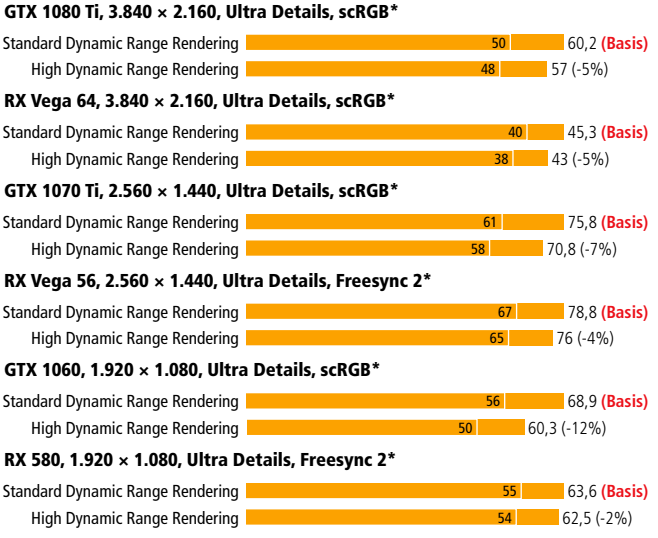
Assassin's Creed Origins



System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803) **Bemerkungen:** In ACO lassen beim Aktivieren von HDR insbesondere die Nvidia-GPUs Federn.

P99 Ø Fps
▶ Besser

Far Cry 5



System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803) **Bem.:** Freesync 2 und scRGB sind nur bei HDR aktiv; verhältnismäßig hoher Leistungsverlust.

P99 Ø Fps
▶ Besser

kostet, fühlt sich das Spiel mit diesem Feature um Welten flüssiger an. Der Unterschied ist selbst beim Vergleich mit 144 Hz dramatisch. Far Cry 5 mit Freesync 2 ist das einzige Spiel in diesem Test, welches sich nach dem Zuschalten von HDR nicht mehr oder weniger deutlich träger anfühlt – leider ist es auch bislang das einzige Spiel mit Freesync-2-HDR-Support.

Schatten des Krieges

Der zweite Teil der Mittelerde-Reihe war eines der ersten HDR-Spiele, mit dem wir uns beschäftigten. Der Effekt des erweiterten Farbraums lässt sich trotz der gesetzten, eher grau-braunen Palette des Spiels gut beobachten. Insbesondere wenn der Blick des Spielers weit in die Ferne schweifen kann, werden beim direkten Vergleich mit der SDR-Präsentation die deutlich klarer und besser herausgestellten Details offensichtlich. Feuer wirkt optisch dank der höheren Leuchtkraft richtiggehend heiß, die Banding-Artefakte am nett präsentierten Himmel verschwinden, Mond und Godrays strahlen hell. Weitere in HDR heraustretende Details sind die metallisch glänzenden Waffen und Rüstungsapplikationen sowie die Haare des Rangers, die besonders bei Gegenlicht feinste Strukturen erkennen lassen. Im Falle von Schatten des Krieges aktiviert sich die HDR-Darstellung automatisch, wenn die Ausgabe auf dem Windows-Desktop aktiviert wird. Unseren Erfahrungen nach funktioniert dies problemlos, was erfrischend ist, wenn man berücksichtigt, wie widerspenstig sich einige andere Titel verhalten. Der Leistungsverlust ist recht gering, tendenziell ist wieder AMD im Vorteil.

Shadow Warrior 2

Der zweite Teil des Remakes um Ninja-Maulhelden Lo Wang ist tatsächlich das erste PC-Spiel mit HDR-Support überhaupt. Die blutige Dämonenhatz ist sehr farbenfroh, unzählige bunte Lichtquellen, kolorierter volumetrischer Nebel sowie eine Vielzahl knalliger Effekte untermalen die beinahe schon psychedelische Optik. HDR kommt hier gut zur Geltung, mehr als in vielen anderen Titeln, aber am deutlichsten auf dem sehr leuchtkräftigen Dell-Display. Auf Samsungs CHG70 wirkt das Bild selbst mit im Optionsmenü maximierter HDR-Leuchtstärke etwas ausgewaschen und dumpf, auf dem (noch immer sehr teuren) Dell Ultrasharp UP2718Q kommen die Farben, Beleuchtung und strahlende Effekte deutlich besser zur Geltung. Auf der Performance-Seite fällt ins Auge, dass es HDR mit einer AMD-GPU quasi kostenlos gibt, während Nvidia ein paar Frames pro Sekunde einbüßt – allerdings genießt Nvidia einen generellen Leistungsvorsprung.

Call of Duty WW2

Der HDR-Effekt in Call of Duty: World War 2 fällt eher in den Bereich „unterschwellig besser“ als „unübersehbar überlegen“. Doch subjektiv wirkt das Bild realistischer und „erdnäher“, die in WW2 im Vergleich zu anderen Call-of-Duty-Titeln eher gesetzte Farbgebung sowie die sehenswerte Beleuchtung und Verschattung wirken gegenüber SDR feiner, weicher und speziell bei der Vegetation auch viel glaubwürdiger. Dazu kommen Effekte wie Explosionen oder (Mündungs-)Feuer, die in SDR einen orangenfarbigen, übertrieben bunt anmutenden Schein zeigen, während die feurigen Entladungen in HDR beinahe schon grellweiß blitzen und brennende Trümmer oder Gebäude durch die hohe Leuchtkraft optisch wesentlich heißer wirken.

Aber auch den Figuren in den aufwendigen Zwischensequenzen kommt HDR zugute: Die höhere Farbspanne erlaubt weichere Übergänge bei feinen Verschattungen, etwa unter den Augenlidern, Haut zeigt eine realistischere, weicher wirkende Darstellung und der seltsam anmutende Effekt, der feindliche Soldaten ab mittlerer Ent-

Mittelerde: Schatten des Krieges

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	43	45,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	42	44,3 (-3%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	32	37,7 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	31	37,2 (-1%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	46	50,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	45	48,6 (-4%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	45	59,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	43	58,4 (-1%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	37	43,7 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	37	42,5 (-3%)

RX 580, 1.920 × 1.080, maximale Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	33	47 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	32	45,6 (-3%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803)
Bemerkungen: HDR kostet relativ wenig Fps, AMD hält einen kleinen Vorteil.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Shadow Warrior 2

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	48	69,1 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	47	66,4 (-4%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	31	44,9 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	31	44,9 (0%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	59	85 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	54	81,2 (-4%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	40	78,6 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	40	78,6 (0%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	61	86,5 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	58	80,9 (-6%)

RX 580, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	43	84,2 **(Basis)**
High Dynamic Range Rendering	43	83,3 (-1%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803)
Bemerkungen: AMD büßt beim Zuschalten von HDR nur sehr geringfügig Leistung ein.

P99 Ø Fps ▶ Besser

fernung glänzen lässt, springt nur bei der SDR-Ausgabe irritierend ins Auge. In HDR fügen sich die Soldaten wesentlich besser in das Gesamtbild ein, was wiederum der Authentizität zugutekommt. Abermals sind die Performance-Einbußen unter HDR mit den getesteten AMD-Karten zu vernachlässigen, die Verluste bei den Nvidia-GPUs aber teilweise recht hoch.

Battlefield 5

Wir haben die Möglichkeit genutzt, die Alpha-Version von Battlefield 5 auf HDR-Tauglichkeit und -Performance zu untersuchen. Das Spiel unterstützt bereits in dieser frühen Fassung HDR, eine Option fehlt allerdings noch im Menü. Battlefield 5 aktiviert HDR bei passenden Displays automatisch, in unserem Fall selbst dann, wenn die Ausgabe unter Windows deaktiviert wurde. SDR bekommen Sie also nur, wenn Sie ein SDR-Display nutzen oder HDR im Menü des Monitors deaktivieren. Eine Option wird aber mit einiger Gewissheit noch ergänzt. Im Spiel selbst ist der Effekt sehr schick, wobei die zum Zeitpunkt des Artikels einzig spielbare Karte „Arktischer Fjord“ aufgrund der weiten, weißen Schneeflächen vielleicht nicht das beste HDR-Demonstrationsobjekt ist. Doch die feine Beleuchtung und PBR-Materialien, die sich sauber einfügenden Figuren und die heftigen Explosionen kommen in HDR sehr gut rüber, die schicke Grafik wird nochmals aufgewertet. Ein Performance-Verlust ist vorhanden, hält sich in etwa auf dem Niveau von Battlefield 1 und damit in Grenzen.

High Dynamic Range am PC – Fazit

Technisch ist HDR zweifellos spannend und optisch in den allermeisten Fällen eine Verbesserung. Tatsächlich wirken viele PC-Spiele mit erweitertem Farbraum wesentlich realistischer und immersiver und Effekte wie Explosionen, Lasergeschosse oder Funkenflug auch dank der höheren Strahlkraft entsprechender Displays dramatischer. Ein Leistungsverlust ist gemäß unserer bisherigen und für diesen Artikel deutlich erweiterten Messungen vorhanden. Ein Teil der Leistungskosten geht mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die nötigen HDR-Gleitkomma-Bildpuffer zurück, die zudem zusätzlichen Grafikspeicher benötigen. Außerdem könnten solche Framebufferformate unter Umständen mit den jeweiligen Farbkompressionsverfahren der GPUs kollidieren und erweiterte Post-Processing-Effekte und -Puffer benötigen eventuell ein wenig zusätzliche Leistung. Vielleicht hat Nvidias Pascal-Reihe mit den HDR-Formaten tendenziell mehr Probleme als AMD. Eine andere Interpretationsmöglichkeit ist, dass die Kompressionsverfahren der Geforce-GPUs bei SDR-Darstellung im Vergleich effizienter arbeiten als unter HDR, weshalb deren Verlust gegenüber AMD zu größeren Einbußen führt – aber das ist Mutmaßung. Tatsächlich bewirbt Nvidia die neue Turing-Generation auch mit erhöhter HDR-Leistung. Viel ärgerlicher als der verhaltene Leistungsverlust sind die derzeitigen Probleme und Bugs in Spielen sowie unter Windows, im Browser oder in Anwendungen. Auf dem PC wirkt HDR einfach noch unfertig. Möglicherweise ändert das Herbst-Windows-Update 1809 daran etwas – wir bleiben natürlich für Sie am Ball. *(pr)*

Call of Duty: World War 2

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	64	75,1 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	62	71,9 (-4%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	48	55,4 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	47	55,4 (0%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	69	82,1 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	65	77,3 (-6%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	66	78,9 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	65	77 (-2%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	55	66,5 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	51	61,9 (-7%)

RX 580, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	56	65,6 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	56	65,3 (-0%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Windows 10 x64 (1803)
Bemerkungen: AMD-GPUs verlieren beim Zuschalten von HDR nur wenig Leistung.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Battlefield 5

GTX 1080 Ti, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	43	52,6 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	42	50,2 (-5%)

RX Vega 64, 3.840 × 2.160, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	33	39,1 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	32	38,5 (-2%)

GTX 1070 Ti, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	53	63,1 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	52	61,8 (-2%)

RX Vega 56, 2.560 × 1.440, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	55	66,8 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	53	65,9 (-1%)

GTX 1060, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	51	60,3 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	50	58 (-4%)

RX 580, 1.920 × 1.080, Ultra Details

	P99	Ø Fps
Standard Dynamic Range Rendering	52	63,3 (Basis)
High Dynamic Range Rendering	52	63,1 (-0%)

System: Core i7-8700K @ 5,0 GHz, Gigabyte Z370 Aorus Gaming 7, 2 × 8 GiByte DDR4-3400 RAM, Geforce 398.82 WHQL, Radeon Software 18.8.1, Win 10 x64 (1803) **Bemerkungen:** Der Leistungsverlust hält sich sowohl bei AMD als auch Nvidia in Grenzen.

P99 Ø Fps ▶ Besser

Raytracing versus Rasterisierung

Bild: www.unrealengine.com

Die beiden Verfahren Raytracing und Rasterisierung sind in der Computergrafik führend. Wir erklären die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der beiden Ansätze – auch im Hinblick auf Spiele.

Mit den Vorstellungen von DXR und RTX haben Microsoft und Nvidia das Thema Raytracing in Spielen wieder ins Gespräch gebracht. Wir erklären die Unterschiede zur klassischen Rasterisierung und zeigen einige Limitierungen auf.

RTX, DXR und der Standpunkt von AMD

Grundlage für das Aufkommen der Frage, wo die Stärken und Schwächen der beiden Rendering-Techniken Raytracing und Rasterisierung liegen, sind die Präsentationen von Microsoft und Nvidia auf der GDC (Game Developers Conference) 2018: Die Direct-X-Raytracing-API DXR und Nvidias passendes Backend RTX sollen Raytracing in aktuelle Spiele bringen. Zuerst soll die Technik die bisher genutzte Rasterisierung ergänzen, später vielleicht ganz ersetzen.

Zu Beginn soll die Technik in den Bereichen eingesetzt werden, in denen sie den größten Effekt hat: Bei der Berechnung von Schatten und Spiegelungen.

Mit namhaften Studios wie DICE (Battlefield, Star Wars Battlefront) und 4A Games (Metro) sowie Engine-Entwicklern wie Epic Games (Unreal-Engine) und Unity Technologies (Unity-Engine) gibt es bereits wichtige Interessenten für die Technik. Auch abseits von Spielen stößt sie auf Anklang: Mit Allegorithmic, die Programme zum Erstellen und Aufbringen von Texturen anbieten, hat auch ein erster Software-Entwickler für den produktiven Einsatz eine Unterstützung von Raytracing im Viewport angekündigt.

Von AMD gab es zum Stand der letzten Ausgabe nur eine lose Ankündigung, dass ein Treiber erscheinen werde, der eine Unterstützung für DXR bieten wird. Von einer partiellen Hardware-Beschleunigung, wie sie möglicherweise ab Volta durch Nvidias Tensor-Kerne gewährleistet werden soll, war bislang keine Rede. Doch unabhängig davon hat auch AMD auf der GDC etwas zum Thema Raytracing vorgestellt: Die hauseigene Open-Source-Raytracing-Engine, Radeon ProRender, erhält den exakt gegenteiligen Ansatz von Microsoft und Nvidia: Statt einen Rasterizer um einen Raytracer zu ergänzen, um eine höhere Qualität zu erhalten, soll ein Raytracer Teile mit Rasterisierung auf Vulkan-Basis rendern, um Zeit zu sparen. Außerdem soll AMDs Radeon Rays Raytracer in Unity integriert werden – allerdings nur, um das Erstellen von statischen Beleuchtungsmodellen zu beschleunigen.

Raytracing + Rasterisierung

Auch wenn im Rahmen der GDC natürlich Spiele im Fokus standen, kämpfen AMD und Nvidia auch bei Raytracern und Software zum produktiven Einsatz um Unterstützung und Marktanteile.Aus diesem Grund entwickeln die beiden Unternehmen auch eigene Lösungen: Bei AMD beispielsweise Radeon ProRender, bei Nvidia Iray. Der parallele Einsatz von Raytracing

und Rasterisierung ist für diese Geschäftsfelder ebenso interessant wie für Spiele. Auch wenn per Raytracing gerenderte Bilder oder Filme nicht in Echtzeit präsentiert werden müssen, ist eine möglichst leistungssparende Berechnung trotzdem von großem Interesse – um Zeit und Kosten zu sparen.

Für Spieler relevanter, wenn auch indirekt, ist der Einsatz derartiger Methoden in Programmen für Spieleentwickler – wie jene des bereits genannten Entwicklers Allegorithmic. Für Spiele werden oft zuerst hochauflösende Objekte erstellt, die anschließend auf leistungssparsamere Versionen heruntergerechnet werden. Das Erstellen von den komplexeren Modellen ist für die darstellenden Programme eine Herausforderung: Schnell kommt es zu Framedrops und Ladezeiten im Viewport, was die maximale Qualität und somit auch das Endergebnis limitiert. Zudem ermöglicht eine flüssigere Darstellung auch ein schnelleres Arbeiten – man hat mehr Zeit, die man dem Objekt und damit dem Endergebnis widmen kann. Die Kombination der beiden Techniken kann also Spielen auch dann helfen, wenn sie gar nicht direkt eingesetzt wird.

Grundlegende Begriffe

Teile der nachfolgenden Erklärungen bauen auf dem Artikel „Grundlagen der 3D-Grafik“ aus PCGH 05/2018 auf. Zur besseren Übersicht werden wichtige Grundsätze im Folgenden zusammengefasst.
In jeder computergenerierten 3D-Welt, die fortan Szene genannt wird, gibt es eine Kamera, die später den Blickwinkel des Nutzers darstellt. In der Szene sind Objekte verteilt, welche die Form der Welt definieren. Diese Objekte bestehen aus einer Ansammlung von dreieckigen Flächen (Polygonen), die zumeist die gesamte Oberfläche bedecken. Was innerhalb des Objekts ist, ist sowohl für die Rasterisierung als auch für das Raytracing irrelevant: Es kommt ausschließlich auf die Oberfläche an. Davon ausgenommen sind spezielle Effekte wie etwa volumetrischer Rauch, die einen Sonderfall darstellen.

Allen Objekten werden Materialien zugewiesen, welche die Interaktion der Oberfläche mit dem Licht bestimmen. Vereinfachte Interaktionen sind zum Beispiel „spiegelnd“ oder „nicht spiegelnd“. Die Farbe der Oberfläche eines Objekts wird über die Farbtextur bestimmt. Weitere Texturen können beispielsweise Informationen über die Höhe oder den Glanz der Oberfläche an einer bestimmten Stelle enthalten.

Für das finale Bild werden noch Lichtquellen benötigt, die bestimmen, welche Stellen in welchen Farben und Helligkeiten für die Kamera zu sehen sein werden. Raytracing und Rasterisierung unterscheiden sich bis hierhin nicht grundlegend, die großen Differenzen kommen erst bei der Umsetzung der Bilderzeugung zum Vorschein.

Um die Vorteile der Kombination beider Techniken zu verstehen, muss man sie getrennt betrachten; und auch die Marketingaussagen der entsprechenden Unternehmen mitunter etwas dämpfen. Stark vereinfacht kann man sich die beiden Ansätze so vorstellen: Rasterisierung ist ein extrem schneller, aber unrealistischer Weg, ein Bild zu berechnen, während Raytracing in der Theorie zwar „photorealistisch“ arbeitet, dafür aber die Berechnungszeit gegen unendlich tendiert.

Rasterisierung: Funktion

Rasterisierung ist die bei Spielen dominierende Technik und Grafikkarten sind für diese Art der Berechnung sehr gut geeignet. Der Algorithmus betrachtet zu Beginn eines jeden Frames die in der Szene enthaltenen Polygone. Entscheidend für das Rendering ist dabei als erstes die Frage, welche Polygone überhaupt zu sehen sind. Ist in einer Szene ein Objekt zu sehen, so werden in jedem Fall die von der Kamera abgewandten Polygone gleich zu Beginn verworfen (Backface Culling). Dasselbe passiert, wenn ein Polygon des Objekts vollständig außerhalb des Sichtfelds der Kamera liegt (Viewport Culling), zum Beispiel zu weit oben.

Alle verworfenen Polygone sind für den nachfolgenden Rendering-Prozess nicht mehr relevant, sie werden nicht mehr betrachtet. Das kann, wie gerade beschrieben, einzelne Polygone betreffen, aber auch ganze Objekte, die von weiter vorne liegenden Objekten verdeckt werden. Auch alles, was hinter der Kamera liegt, wird nicht beachtet.

Die übrigen Polygone werden sinnbildlich direkt vor die Kamera gesetzt, sodass sie den gesamten Bildausschnitt verdecken. Nun kann die Kamera das Bild Pixel für Pixel abtasten und für jedes einzelne Pixel entscheiden, welches Polygon ihn bestimmt. Da die Texturen direkt auf den Polygonen aufliegen, ist eine Einfärbung nach dem entsprechenden Bereich auf der Textur des Gesamtobjekts kein Problem. Ist ein Polygon nicht perfekt entlang der XY-Achse ausgerichtet, sondern hat eine schräge Kante, dann entsteht hier der gut bekannte (und berüchtigte) Treppeneffekt. Der einfachste Ansatz zur Behebung dieses Problems ist es, schlicht eine höhere Auflösung zu berechnen und diese anschließend herunterzuskalieren – das liefert eine sauberere Kantenführung.

Möchte man das Bild jedoch in, nach aktuellen Standards, akzeptabler Grafik haben, dann müssen durch die Rasterisierung noch viele zusätzliche Dinge berechnet werden. Der gerade beschriebene Weg liefert zum Beispiel keinerlei Information über Beleuchtung und Schattierung der Polygone. Dafür wird die ausgedünnte Szene noch einmal aus Sicht der Lichtquellen

Per Raytracing berechnetes Bild in verschiedenen Qualitätsstufen

In dieser Szene wird der vom Schirm geworfene Schatten erst mit vielen Lichtstrahlen deutlich sichtbar, vorher wird er vom Rauschen überlagert.

1 Sample (Anzahl der Lichtstrahlen)

32 Samples (Anzahl der Lichtstrahlen)

berechnet und anschließend, in Kombination mit der Sicht der Kamera, entschieden, welche Pixel beleuchtet sind und welche nicht. Da die Lichtquellen bei dieser Methode unendlich klein sein müssen, da man sonst nicht eindeutig aus Sicht der Lichtquelle in die Szene sehen könnte, gibt diese Methode keine Information über die Härte der Schatten. Die Kanten sind also immer scharf gezeichnet, weiche Übergänge müssten wieder durch zusätzliche Berechnungen realisiert werden.

Nun fehlen noch viele weitere Details, wie die zahlreichen Varianten von Reflexionen, globaler Beleuchtung und so weiter. All diese werden, wie die Lichtberechnung, mit Tricks und weiteren Rechenschritten hinzugefügt. Am Ende besteht ein solches Bild also aus einer Vielzahl an Rechenschritten.

Und was ist mit Raytracing?

Im Gegensatz dazu hat Raytracing einen etwas leichter verständlichen, da physikalischen Ansatz. Das Verfahren kann sowohl auf Prozessoren als auch auf Grafikkarten ausgeführt werden und kommt beispielsweise bei Produktvisualisierungen und in Filmen zum Einsatz.

Raytracing betrachtet die komplette Szene, das heißt alle Objekte mit allen Polygonen und allen Lichtquellen zugleich. Von der Kamera aus werden Lichtstrahlen in die Szene geschickt, die an den Objekten abprallen. Die Strahlen prallen so lange ab, bis sie auf eine der in der Szene verteilten Lichtquellen treffen. Üblicherweise gibt es aber einen Maximalwert für die Anzahl der Reflexionen, damit sich Lichtstrahlen nicht an einem Punkt „verfangen“ können. Hat der Strahl nach einer bestimmten Anzahl von Berechnungen noch keine Lichtquelle entdeckt, dann wird er verworfen. Zusätzlich versucht der Lichtstrahl nach einer bestimmten Menge der Reflexionen, sich direkt mit der Lichtquelle zu verbinden. Der Kollisionspunkt muss also nur im Sichtbereich einer Quelle liegen und nicht durch Zufall die exakten Koordinaten treffen.

Den Weg, den der Lichtstrahl zurückgelegt hat, merkt sich der Raytracer – denn erst, wenn er die Lichtquelle gefunden hat, kann die Farbe bestimmt werden. Die resultierende Farbe hängt schließlich vom Licht ab, das heißt der gesamte Weg muss am Ende zurückverfolgt werden. Nun kann immer der aktuelle Wert des Lichtstrahls berechnet werden. Am Anfang strahlt die Lichtquelle direkt auf das erste Material. Danach ist der Lichtstrahl bereits anders: Das erste Material hat ihn verändert. Außerdem ist die Intensität des Lichts nun weniger stark. Das Licht kann theoretisch auch von der Lichtquelle aus zur Kamera gesendet werden, das Prinzip ist dabei identisch.

Durch die Simulation von Lichtstrahlen liefern Raytracer ein verhältnismäßig realistisches Bild, wobei einige Effekte, die durch Rasterisierung schwer darzustellen sind, durch Raytracing sehr leicht erzielt werden. Globale Beleuchtung, also das gegenseitige Beeinflussen von Objekten und Licht, ist bei einem Raytracer kein Problem. Auch Spiegelungen und sanfte Schatten sind bereits von Haus aus mit dabei. Das Realisieren von volumetrischen Effekten wie Subsurface Scattering (Streuung von Licht im Körper, beispielsweise bei Wachs und Haut) sind bei einem Raytracer ebenso gut zu erreichen.

Das Problem an der Rechenweise von Raytracern ist, dass ihnen ein einzelner Lichtstrahl pro Pixel nicht ausreicht: Es wird eine sehr hohe Anzahl benötigt, um ein sauberes Bild zu erzeugen. Ansonsten kommt es zu Bildrauschen. Die Ergebnisse der Strahlen werden pro Pixel aufaddiert. Das, was am Ende zu sehen ist, ist also ein Durchschnittswert aller Einzelergebnisse.

Da sich das Rauschen nur mit jeder Verdopplung der gesendeten Lichtstrahlen halbiert, kann die benötigte Rechenzeit sehr schnell ansteigen. Bilder, die pro Pixel nur einen einzigen Lichtstrahl gesendet hätten, wären vermutlich mit etwas Optimierung durchaus flüssig darstellbar; nur sähe das Endergebnis nicht annähernd erwartungsgemäß aus. Zudem ist auch der grundlegende Ressourcenverbrauch hoch: Im Gegensatz zur Rasterisierung werden hier keine Daten verworfen, man betrachtet also die ganze Szene gleichzeitig. Positiv ist wiederum, dass sich die Berechnung der Lichtstrahlen sehr gut parallelisieren lässt. Das ist auch der Grund, warum AMDs Bulldozer-Architektur oft mit Raytracing-Demos präsentiert wurde – hier konnten die vier Module schon damals voll ausgelastet werden.

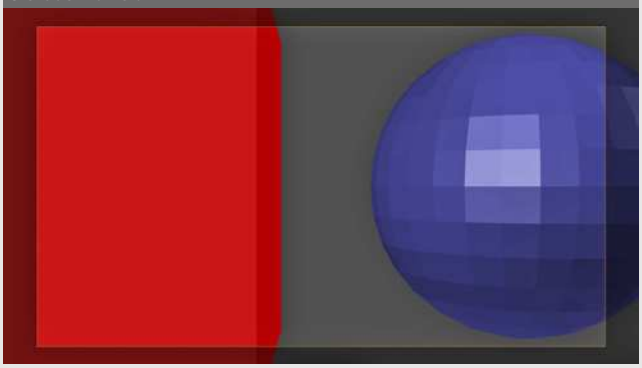
Beide sind nicht perfekt

Bei den GDC-Ankündigungen von Microsoft und Nvidia konnte man den Eindruck erhalten, dass Rasterisierung „schlecht“ und Raytracing „gut“ sei. In der Praxis sind beides aber nur Grundkonzepte der Berechnung, die hier schematisch beschrieben wurden. Ein Raytracer

Umgang mit Geometrie

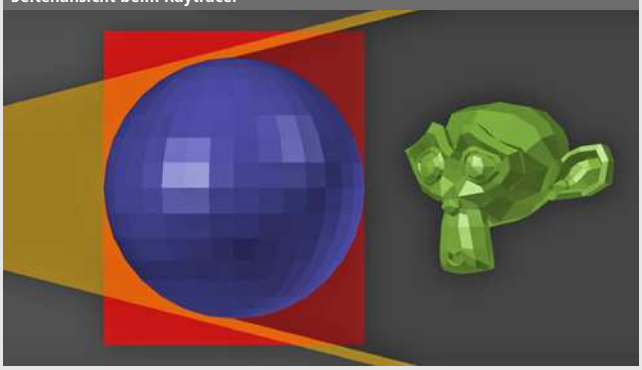
Die Unterschiede bei der Geometrie: Raytracer betrachten die gesamte Szene, Rasterizer verwerfen Flächen außerhalb des direkten Sichtfelds.

Sicht der Kamera

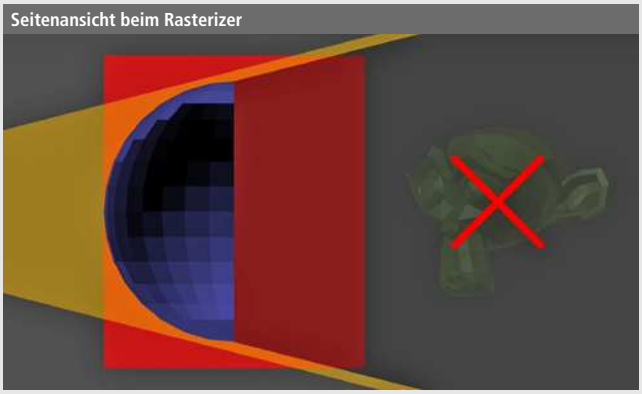


Ansicht von oben

Seitenansicht beim Raytracer



Seitenansicht beim Rasterizer



PC Games Hardware
www.pcgameshardware.de • www.pcghx.de
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

PC Games Hardware – Das IT-Magazin für Gamer. Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps.

HARDCORE FÜR SCHRAUBER

WWW.PCGAMESHARDWARE.DE

PC Games Hardware bequem online bestellen:
www.pcgh.de/shop

Oder einfach digital lesen:
epaper.pcgameshardware.de

könnte jeden Lichtstrahl auch nur ein einziges Mal reflektieren lassen und dann, wenn er die Lichtquelle nicht direkt trifft, sofort verwerfen. Die Berechnung wäre so schneller gelöst, aber sichtbare Spiegelungen gäbe es keine und das Resultat sähe schlechter aus als man es von heutigen Spielen gewohnt ist. Im Gegenzug könnte man einer Spiel-Engine auch mehr Zeit als die üblichen 33,33 Millisekunden (30 FPS) spendieren und damit zusätzliche Effekte wie realistischere Spiegelungen simulieren lassen.

In der Praxis werden beide Verfahren angepasst, um einen bestmöglichen Kompromiss zu finden; je nach Ansatz, aber auch je nach Einsatzgebiet in unterschiedlicher Ausprägung. Bei Rasterisierung sind beispielsweise Shadow und Reflection Maps nicht mehr wegzudenken, ohne sie gäbe es in Spielen weder Schatten noch Spiegelungen. Etwas fortgeschrittener sind die Implementierung von globaler beziehungsweise indirekter Beleuchtung oder auch Screen Space Reflections.

Bei Raytracern wiederum ist man bereit, etwas Realismus zu opfern, wenn sich dadurch die Rechenzeit deutlich verringert. Ein gutes Beispiel hierfür sind Denoiser (Noise = Rauschen; Denoise = Entrauschen), die am Ende des Renderings das verbleibende Rauschen entfernen. Bei manchen komplexen Szenen kann man auch nach Dutzenden Stunden der Berechnung noch ein leichtes Rauschen sehen, und da, wie bereits erwähnt, jede Halbierung des Rauschens eine Verdopplung der Lichtstrahlen erfordert, würde ein subjektiv rauschfreies Bild einen unrealistisch langen Zeitrahmen beanspruchen.

Hier kommen Denoiser ins Spiel. Diese gibt es beispielsweise für Pixars Raytracer Renderman oder den kostenlosen Raytracer Cycles. Denoiser sind Algorithmen, die während des Renderings Informationen speichern, anhand derer das Rauschen bestmöglich aus dem Endergebnis entfernt wird – es sind also keine nachträglichen Filter, wie sie von Grafikbearbeitungsprogrammen eingesetzt werden.
Einen Denoiser möchte auch Nvidia für das Raytracing in Spielen einsetzen, um das Endresultat trotz der geringen Berechnungszeit ansehnlich zu machen. Dieser soll auf neuronalen Netzen basieren und in Spielen eine akzeptable Optik liefern. In der Demonstration wurde er von Nvidias Tensor-Kernen betrieben. Im Gegensatz zu den bereits auf dem Markt befindlichen Denoisern von Raytracern hat Nvidia dabei den Vorteil, dass Spiele zumeist zusammenhängende Bilder produzieren. Das bedeutet, dass zur Eliminierung des Rauschens oder gar von komplett schwarzen Pixeln, die manchmal auftreten, unter Umständen auch Ergebnisse der vorherigen Bilder berücksichtigt werden können. Zudem wird für Bewegtbild fast nie ein rauschfreies Ergebnis vorausgesetzt. Filme weisen beispielsweise auch ein Rauschen auf.

Was haben Spieler davon?

Wie bereits ausgeführt, hat Raytracing bereits von Haus aus Stärken, bei denen die Rasterisierung tricksen muss. Vor allem betrifft das die Berechnung von Spiegelungen und Schatten, weshalb diese Bereiche als erstes durch Raytracing abgelöst werden sollen.

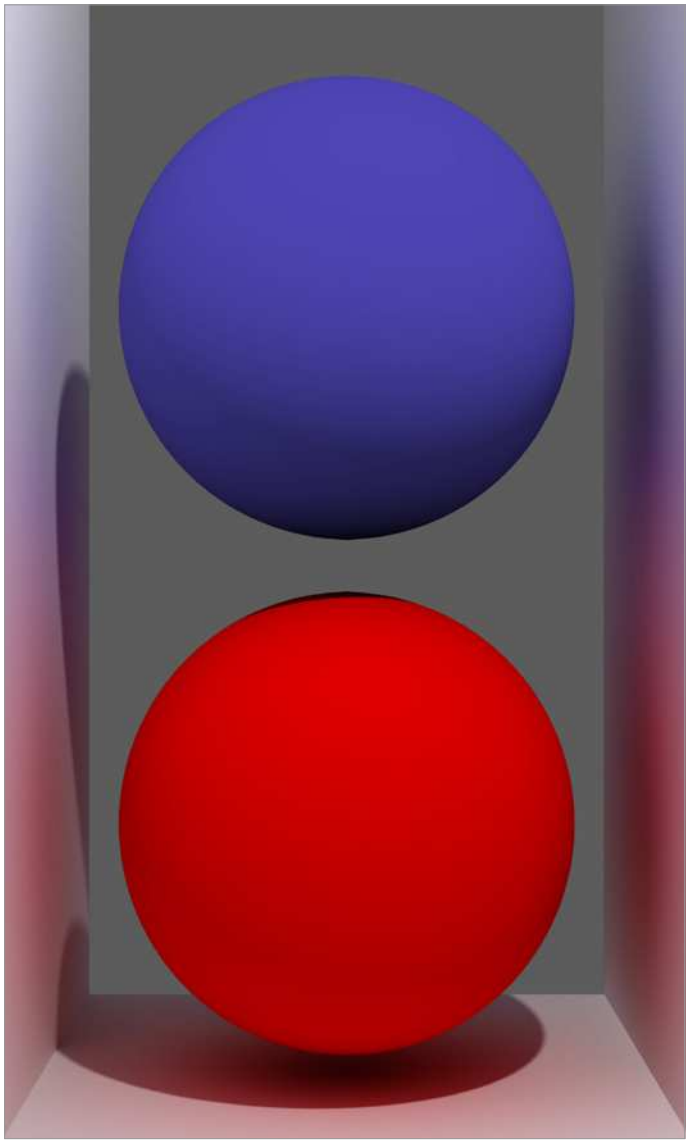
Ganz neu sind Raytracing-ähnliche Ansätze in Spielen allerdings nicht: Die häufig verwendeten Screen Space Reflections funktionieren bereits vergleichbar. Die Engine berechnet, wo der Lichtstrahl nach der spiegelnden Oberfläche auftreffen würde, und nimmt diesen Farbwert an. Die Umsetzung hat aber einige Schwächen, die Raytracer nicht haben: Beispielsweise können nur Dinge gespiegelt werden, die bereits im Sichtfeld sind. Aus diesem Grund wird das Endergebnis oft noch automatisch nachbearbeitet. Eine partielle Implementierung von „echtem“ Raytracing könnte Spielen aber in der Tat dabei helfen, schönere Spiegelungen und feinere Schatten zu erhalten. Nicht vergessen darf man dabei, dass das noch lange nicht die aus Filmen bekannte und perfekte Grafik mit sich bringt. Raytracing kann zwar einige Dinge besonders gut darstellen, eben beispielsweise Reflexionen, aber es kann viele andere Probleme nicht lösen.

Raytracing ist kein Wundermittel

Denkt man an Raytracing, dann ist der gedankliche Weg zu CGI-Szenen, wie beispielsweise perfekt realistischen Naturlandschaften, gar nicht mehr so weit. Es stimmt zwar, dass hierfür Raytracing eingesetzt wird, doch in Spielen wird man so etwas trotzdem noch länger nicht sehen. Die Art des Renderings nimmt nämlich keinen Einfluss darauf, was darunter liegt: Objekte und Texturen.

Eine Wiese mit Millionen von einzelnen Grashalmen, die alle mit verschiedenen, hochauflösenden Texturen versehen sind, ist für einen Raytracer kein Problem – so die Theorie. In der Praxis werden solche Bilder jedoch meistens auf Prozessoren berechnet, weil Grafikkarten schlicht nicht genügend Arbeitsspeicher dafür haben. Unter diesen Bedingungen kann das auch jeder Rasterizer darstellen. Die Art der Berechnung ist dafür nicht entscheidend. Zudem haben Raytracer auch keine zusätzlichen Texture-Maps, die sie verwenden könnten: Normal-, Specular- und Displacement-Maps gibt es sowohl im Raytracing als auch in der Rasterisierung. Darüber hinaus gibt es auch physikalische Effekte, die nicht in jedem Raytracer umgesetzt werden. Beispielsweise spiegeln Oberflächen stärker, wenn der Einfallwinkel sehr steil ist. So kann eine lackierte Holzfläche in der Frontalansicht komplett matt erscheinen, betrachtet man sie von der Seite, spiegelt sie hingegen leicht. Für ein wirklich realistisches Bild müsste dieser Effekt beachtet werden, eine Voraussetzung für die Bezeichnung als Raytracer ist die Unterstützung aber nicht.

In erster Linie dürfte die Integration von Raytracing in Spielen also wirklich nur den Bereich Spiegelungen und die Schattenberechnung verändern. Weitere Felder wie eine bessere Berechnung von Subsurface Scattering oder volumetrischer Beleuchtung sind aber denkbar und eine Frage der zukünftigen Rechenleistung.



Mit Raytracing ist globale Beleuchtung leicht umzusetzen. Beleuchtete Objekte beeinflussen sich gegenseitig, so färben die beiden Kugeln leicht auf die Wand ab.

Raytracing in Spielen

Die ersten Spiele mit hybridem Rendering, bestehend aus Rasterisierung plus Raytracing, sind im Anmarsch. Werfen Sie mit uns zusammen einen Blick auf die Pioniere!

Die Simulation naturgegebener Umstände und physikalischer Gesetze ist seit jeher ein in unzähligen Technik-Abhandlungen und Design-Philosophien ausgeschriebenes Ziel der Computer-Grafik. Zuletzt machten Spiele mit physikbasierten Renderen einen Vorstoß. Diese simulieren eine realitätsbezogene Interaktion zwischen Materialien (im weitesten Sinne Texturen) und der Beleuchtung in Spielen. So wird etwa die Absorption bestimmter Elemente des Spektrums (dies bestimmt die Grundfarbe des Materials), die Energieübertragung und die Streuung des auftreffenden Lichts anhand physikbasierender Eigenschaften simuliert. Mit Nvidias Raytracing-Vorstoß könnte die Spielegrafik einen weiteren, großen Sprung vollziehen.

Raytracing kurz und knapp

Bei Raytracing wird der Weg von virtuellen Lichtstrahlen tatsächlich nachverfolgt, deren Auftreffen auf Oberflächen, das dortige Abprallen und das etwaige wiederholte Auftreffen auf weiteren Flächen simuliert. Anders als in der Realität geschieht dies jedoch im Grunde in umgekehrter Richtung. Statt also jeden Strahl einer Lichtquelle wie etwa der Sonne nachzuverfolgen, was auch unzählige überflüssige Berechnungen einschließen würde, die keinen Einfluss auf den Inhalt hätten, die ein Spieler auf dem Bildschirm sehen würde. Stattdessen wird von jedem Bildpunkt ein Strahl ausgesandt, um Elemente zu bestimmen, welche von Belang sind. Wie Sie sich vorstellen können, sind dennoch unzählige Berechnungen vonnöten und dies schon in Full HD.

Raytracing in Spielen

Die von Nvidia präsentierten Grafikdemos zum Thema Raytracing sahen größtenteils extrem beeindruckend aus, doch sie alle weisen eine Gemeinsamkeit auf: Jede von Nvidia stammende Techdemo war auf kleine Areale beschränkt, keine zeigte eine Spielszene oder eine mit einer großen, offenen Spielewelt auch nur ansatzweise vergleichbar komplexe Umgebung. Allerdings wurden für die schicken Demos gleich mehrere Raytracing-Techniken in Kombination eingesetzt, Reflexionen und globale Beleuchtung etwa. Die ebenfalls auf dem Nvidia-Event gezeigten und von uns genauer untersuchten Spiele nutzten nur einzelne Effekte, zudem liefen Battlefield 5, Shadow of the Tomb Raider und Metro Exodus jeweils nur in Full HD. Letzteres geht mit einiger Gewissheit auf die hohe Anzahl Rays zurück, die bei höheren Pixeldichten versandt und verfolgt werden müssten und den Umstand, dass die Spiele und die jeweiligen Optimierungen bei Weitem noch nicht abgeschlossen sind.

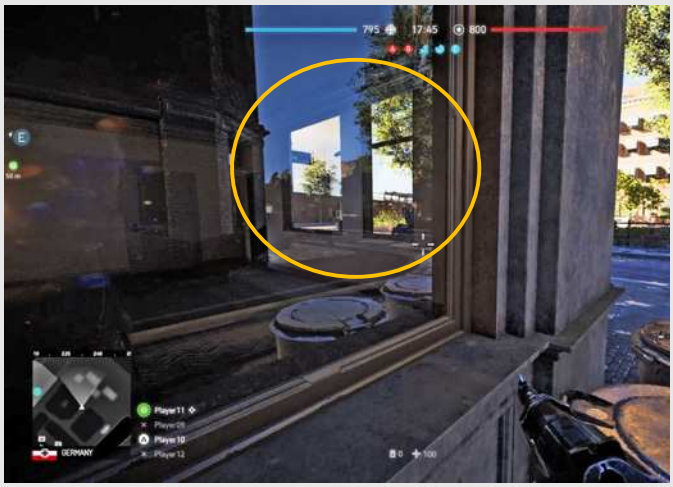
Um die Performance zu erhöhen und gleichzeitig noch überzeugende Raytracing-Effekte zu zeigen, wäre es unseres Erachtens nach zumindest bei einigen Effekten nicht wirklich nötig, auf Pixelgenauigkeit zu setzen. Es wäre etwa für eine globale Beleuchtung oder Raytracing-Schatten wohl ausreichend, diese in deutlich geringerer (Raytracing-)Auflösung zu berechnen. Auch wäre beispielsweise eine 1080p-Raytracing-Spiegelung bei Ultra-HD-Spieleauflösung noch immer sehr ansehnlich. Zudem könnten an dieser Stelle Nvidias Tensor-Kerne eingreifen, um Bild und Effizienz zu verbessern. Wenn Sie im Anschluss also unseren Ausführungen und Eindrücken zu den jeweiligen Spielen folgen, bedenken Sie, dass es sich bei dem Gezeigten auf der Gamescom noch um sehr frühe und wenig optimierte Versionen handelt und die Raytracing-Effekte mit einiger Wahrscheinlichkeit noch viel Optimierungspotenzial innehaben. Auch spart Raytracing potenziell Kosten an anderer Stelle, so könnten Designer auf viele Tricks wie händisch gesetzte, künstliche Lichter sowie Kniffe bei Spiegelungen und Refraktionen verzichten – was zumindest deren Performance-Auswirkungen eliminieren und den Designern Entwicklungszeit einsparen könnte.

Für Letzteres müsste sich Raytracing allerdings im großen Stil durchsetzen, ansonsten fällt neben der Implementierung von Raytracing etwa für den PC auch noch die Arbeit für Trickserien auf Plattformen an, welche die Technik nicht unterstützen oder nicht genügend Leistung bieten – das sind beinahe alle Systeme, sodass sich erneut Mehrarbeit für die Entwickler ergibt. Mit diesen Argumenten im Hinterkopf wollen wir nun unsere Eindrücke der getesteten Raytracing-Titel schildern.

Battlefield 5

In Battlefield 5 konnten wir mit einer brandneuen Geforce RTX 2080 Ti die ansehnlichen Reflexionen auf der Karte Rotterdam bestaunen. Insbesondere jene in den Fenstern sind beeindruckend.

Allerdings fielen uns die etwas niedrige Auflösung sowie das extrem scharfe LoD negativ auf. Eine kleine Änderung am Blickwinkel und ganze Gebäude verschwanden. Das Pop-Up ist auffällig drastisch und stört den eigentlich positiven Eindruck.



Battlefield 5

Bei dem Nvidia-Event konnten wir erstmals auf der Map Rotterdam spielen und diese Karte stellte sich als gutes Demonstrationsobjekt für die in DICE' Multiplayer-Shooter integrierten Raytracing-Reflexionen heraus. Überall sind spiegelnde Pfützen und Wasseroberflächen, in denen sich die feinen, perspektivisch korrekten und die gesamte Szene berücksichtigenden Raytracing-Reflexionen bewundern lassen. Beinahe noch eindrucksvoller sind die spiegelnden Fenster der Gebäude, denn diese Art Reflexion ist etwa mit Screen-Space-Reflections wesentlich schwieriger glaubhaft umzusetzen als jene am Boden. Stehen Sie etwa vor einem solchen Fenster, könnten Sie beim Einsatz von SSR in der Spiegelung nichts sehen, was sich hinter Ihrer Spielfigur befindet. Auch die Spielfigur selbst wäre mit regulären Bildbereichs-Reflektionen nicht abbildbar. All dies funktioniert mit Raytracing, allerdings ist das Ergebnis in der frühen Battlefield-5-Demo noch etwas durchwachsen. Insbesondere das scharfe LoD und einige Grafikfehler stören. Die Leistungskosten sind zudem sehr hoch, die von uns angespieltze Testversion von Battlefield 5 lief selbst mit der RTX 2080 Ti in Full HD nicht immer flüssig.

Shadow of the Tomb Raider

Die Raytracing-Demonstration im neuen Tomb Raider war etwas enttäuschend. Die gewählte Szene ließ uns zwar schicke Schatten bewundern, doch stammten diese in der anspielbaren Szene nur von einer offensichtlichen Lichtquelle – der Sonne. Die eigentliche Stärke der Raytracing-Schatten ist neben der realitätsnahen Nuancierung und (Un-)Schärfe der Umstand, dass unzählige Schatten werfende Lichtquellen berücksichtigt werden können. Beim regulären Gebrauch von Shadow-Maps muss die GPU prinzipiell für jedes Schatten werfende Licht einen Renderpass vollführen, was nicht nur die Rechenzeit, sondern auch die nötigen Drawcalls drastisch erhöhen kann. Eine entsprechende Szene wäre für die RTX-Demo sehr vorteilhaft gewesen. Auch im neuen Tomb Raider fielen uns die offenbar hohen Kosten der Raytracing-Schatten ins Auge. Allerdings vermuten wir bei der Technik ein noch vorhandenes Optimierungspotenzial.

Metro Exodus

Eine überzeugende globale Beleuchtung wird von vielen Entwicklern angestrebt, überzeugende dynamische Ansätze lassen sich bereits in vielen aktuellen Titeln begutachten. Ein gutes Beispiel wäre etwa das aktuelle (und kommende) Assassin's Creed. Doch näherungsweise GIs lassen häufig jene Genauigkeit vermissen, welche mit Raytracing-GI (und AO) erzielt werden kann. In Metro Exodus wird der Effekt insbesondere bei Innenräumen deutlich, die sehr organisch ausgeleuchtet und verschattet werden. Doch ist der Leistungs-Verlust offenbar auch hier gewaltig. Während die RTX-Demonstration in Full HD auf einer RTX 2080 Ti zäh und ruckelig lief, war die reguläre Gamescom-Demo mit einer GTX 1080 Ti in Ultra HD bei gleicher Detailstufe (abzüglich RTX) ein deutlich flüssigeres Erlebnis. Doch, wie bereits erwähnt, dürfte auch bei der GI noch einiges an Optimierungspotenzial brach liegen, was den Einsatz in Spielen in naher Zukunft durchaus valide machen könnte.

Fazit

Zukunftsweisend

In Zukunft wird Raytracing mit hoher Wahrscheinlichkeit in Spielen Verwendung finden, es ist ein logischer Schritt. Ob die Technik allerdings wirklich schon so weit ist und PC-Spieler wie Entwickler die Kosten zu stemmen bereit sind, ist bislang ungewiss. Auch mangelt es aktuell an fertigen Spielen, eine objektive Wertung ist somit kaum möglich.

Raytracing auch auf Konsole und AMD-GPUs?

Hitman 2 erhält für den PC RTX-Support, um schicke Raytracing-Spiegelungen auf Nvidias neuen GPUs zu ermöglichen. Wir konnten neben der RTX-Demo die Version für die Xbox One X anspielen. Auch auf Letzterer sind überraschend dynamische Spiegelungen zu sehen, die nicht via Screen-Space-Reflections umzusetzen sind. Funktionale Spiegel sind ebenfalls möglich. Ist dies etwa ein abgespeckter Raytracing-Ansatz, der auch auf AMD-GPUs möglich wäre oder handelt es sich um einen Kniff (z. B. Planar Reflections)?

Hitman 2 auf Xbox One X – achten Sie auf die Reflexionen.

Trotz Änderung des Blickwinkels bleiben die dynamischen Spiegelungen im Bild – dies sind keine Screen-Space-Reflections.

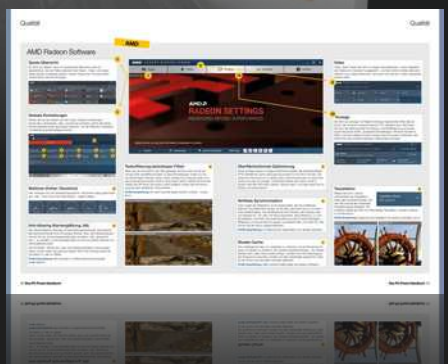
Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

CMG
Computec Media Group
EDITION

AKTUALISIERTE ZWEITE AUFLAGE

NUR 11,99 EURO

QUALITÄT
LEISTUNG
KÜHLUNG
LAUTHEIT
SICHERHEIT
ZUSAMMENBAU



Jetzt einfach bestellen unter: www.pcgh.de/wissen

Oder einfach digital lesen: epaper.pcgh.de

msi

NVIDIA GEFORCE RTX

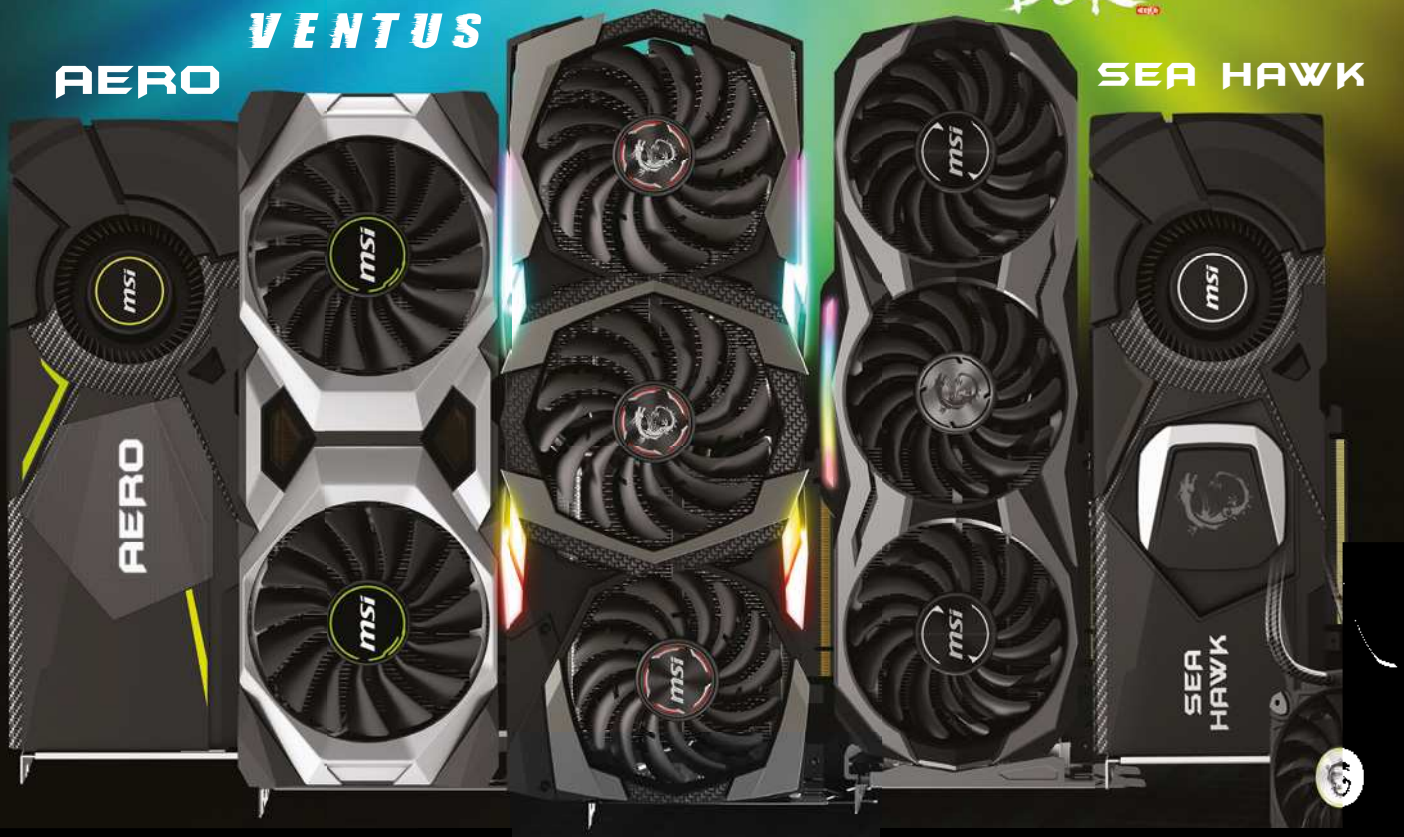
GAMING X TRIO

VENTUS

DUKE

AERO

SEA HAWK



GEFORCE® RTX 2080 SERIE

GEFORCE EXPERIENCE™
Videos, Screenshots und Livestreams aufnehmen und mit Freunden teilen. Treiber auf dem neuesten Stand halten und Spieleinstellungen optimieren.

GAME READY-TREIBER
Erlebe ab der ersten Sekunde im Spiel maximale Leistung und ein extrem flüssiges Gaming-Erlebnis.

NVIDIA SHADOWPLAY™
Gameplay-Videos in hoher Auflösung, Screenshots und Livestreams aufzeichnen und mit deinen Freunden teilen.

NVIDIA ANSEL
Mach aus deinen Screenshots Kunstwerke mit diesem leistungsstarken Modus für In-Game-Fotos in 360°, HDR und Super-Resolution

VIRTUAL REALITY
Durch die Kombination von fortschrittlichem VR-Rendering, Echtzeit-Raytracing und KI bringt die GeForce RTX die VR auf eine neue Stufe des Realismus.

NVIDIA G-SYNC™ UND HDR
Games ohne Ruckeln oder Tearing und Bildwiederholraten von bis zu 240 Hz, plus HDR und mehr. Dies ist das ultimative Gaming-Display und die bevorzugte Ausrüstung der echten Gamer.

DIRECTX 12
Diese Technologie liefert die Leistung für neue visuelle Effekte und Rendermethoden, die für ein realistischeres Gaming-Erlebnis sorgen.

Genießen mit der GeForce RTX ultimatives 4K-Gaming und erlebe atemberaubende Details in der besten aktuellen Spielwelt.

HIER KAUFEN

Deutschland » Alternate • Amazon • Acom • Arlt • Bora Computer • Caseking • Computeruniverse • Cyberport • hwh • Media Markt • Mindfactory • Notebookbilliger • Saturn.
Österreich » Digitech **Schweiz** » Steg

© 2018 Micro-Star Int'l Co.,Ltd., Die verwendeten Marken und Handelsnamen beziehen sich auf die jeweiligen Eigentümer oder deren Produkte.

WWW.DE.MSI.COM

TRUE GAMING